

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

Учреждение образования  
«МОГИЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени А. А. КУЛЕШОВА»

И. В. Калачева

# **МЕТОДЫ ПРИКЛАДНОЙ СТАТИСТИКИ**

Лабораторный практикум



Могилев  
МГУ имени А. А. Кулешова  
2025

УДК  
ББК

М-54

*Печатается по решению редакционно-  
издательского совета МГУ имени А. А. Кулешова*

**Рецензент**

кандидат психологических наук, доцент,  
доцент кафедры психологии и социальной педагогики  
Мозырского государственного педагогического университета имени И. П. Шамякина  
*Иванова Л. Н.*

**Методы прикладной статистики : лабораторный  
М-54 практикум / автор-составитель И. В. Калачева. – Могилев:  
А. А. Кулешова, 2025. – 52 с.**

**ISBN**

Лабораторный практикум по дисциплине «Методы прикладной статистики» предназначен для формирования у обучающихся навыков применения статистических методов, используемых для обработки данных научных исследований, с помощью программных средств универсального статистического пакета Statistica 10. Для более осмысленного освоения обучающимися алгоритмов применения статистических критериев в компьютерной версии и интерпретации полученных результатов в практикуме используются те же задачи, которые предварительно были решены «вручную».

Практикум может быть полезен как преподавателям, так и студентам и слушателям специальностей, подготовка по которым предполагает изучение методов проведения научных исследований, а также методов количественной и качественной обработки их результатов.

**УДК  
ББК**

**ISBN**

© Калачева И. В. 2025

© МГУ имени А. А. Кулешова, 2025

## ВВЕДЕНИЕ

Важным звеном в общепрофессиональной подготовке психолога является формирование культуры проведения научного исследования, которая предполагает наличие у студентов умения планировать и проводить психологические измерения, обрабатывать полученные эмпирические данные с помощью научно-обоснованных методов, осуществлять количественную и качественную интерпретацию полученных результатов.

Одной из учебных дисциплин, развивающих исследовательскую культуру студентов-психологов, является дисциплина «Методы прикладной статистики», содержание которой направлено на формирование у студентов системы знаний о статистических методах, используемых для обработки эмпирических данных в психологии, на овладение навыками их применения в прикладных и фундаментальных психологических исследованиях. Для изучения дисциплины предусмотрены различные формы проведения занятий: лекционные, семинарские, практические и лабораторные.

На лекционных занятиях у студентов формируются знания о видах измерительных шкал и их свойствах; об основных этапах статистического анализа результатов исследования; о методах первичной статистической обработки (меры центральной тенденции, меры изменчивости и меры масштаба) и основных методах вторичной статистической обработки результатов психологического исследования (параметрические, непараметрические и многофункциональные статистические критерии).

Семинарские занятия содействуют осмыслению обучающимися основных теоретических положений дисциплины (виды теоретического распределения, научные и статистические гипотезы и их характеристика), позволяют развивать навыки самостоятельной работы с учебной информацией и умения делать психологические выводы по результатам проверки гипотез.

Практические занятия направлены на формирование у студентов навыков определения типа измерительной шкалы и выбора адекватного ей графического представления результатов исследования; навыков проверки эмпирических распределений на нормальность, а также выбора статистических методов для обработки результатов психологического исследования, соответствующих типу данных и проверяемой гипотезе.

На лабораторных занятиях решается задача формирования навыков

применения статистических критериев, позволяющих получить обоснованные выводы об изучаемых психологических закономерностях (выявление различий в уровне исследуемого признака, оценка достоверности его сдвига, проверка характера статистической связи) и навыков реализации этих критериев с помощью программных пакетов (STATISTICA или др.).

В результате изучения дисциплины «Методы прикладной статистики» студент должен владеть:

- алгоритмом выбора метода проверки статистических гипотез, адекватного исследовательской задаче и навыками формулирования статистических гипотез;
- техниками обработки и интерпретации описательной и аналитической статистики с помощью программных пакетов (STATISTICA или др.);
- правилами презентации результатов статистической обработки данных в устных и письменных отчетах.

Освоение содержания данной учебной дисциплины направлено на формирование у специалиста следующих универсальных (УК) и базовых профессиональных компетенций (БПК):

- УК-2. Решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе применения информационно-коммуникационных технологий;
- БПК-5. Проводить статистический анализ эмпирических данных с использованием компьютерных технологий.

Особую роль при формировании данных компетенций играет такая форма организации занятий, как лабораторные работы. Значимость лабораторных работ определяется тем, что они являются центральным звеном практической подготовки специалиста-психолога к исследовательской деятельности, поскольку позволяют освоить методы планирования и проведения эмпирического исследования, осуществления количественной обработки статистических данных при проверке психологических гипотез, дают возможность повысить доказательность выводов эмпирических исследований, сопровождая их результатами статистического анализа.

Лабораторные работы по дисциплине «Методы прикладной статистики» – это не только важный, но и один из наиболее сложных видов занятий как в методическом, так и в организационном отношении [3]. Трудности заключаются в необходимости технического оснащения и

программного обеспечения проведения занятий, в удвоении учебной нагрузки в связи с делением учебной группы пополам, в необходимости специальной подготовки преподавателей к проведению лабораторных занятий с использованием универсальных статистических пакетов, в недостаточном обеспечении методической литературой и учебными пособиями преподавателей и студентов, которые бы включали описание содержания лабораторных занятий и методику их проведения.

Для преодоления указанных затруднений и разработан данный лабораторный практикум, предназначенный как для преподавателей, так и студентов и слушателей специальностей, подготовка по которым предполагает изучение методов проведения научных исследований, а также количественной и качественной обработки их результатов.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Лабораторный практикум по дисциплине «Методы прикладной статистики» является логическим продолжением учебного пособия [1], в котором представлен курс лекций и система практических занятий по дисциплине. В курсе лекций дано теоретическое обоснование первичных и вторичных методов статистической обработки данных. Для каждого изучаемого метода приведены примеры расчетов, произведенные "вручную". В лабораторном практикуме алгоритм реализации всех методов, описанных в лекционном курсе, осуществлен с помощью программных средств универсального статистического пакета STATISTICA 10. Для более осмысленного восприятия и освоения обучающимися алгоритма обработки данных и ее результатов, в компьютерной версии обработки используются те же примеры, что и в курсе лекций.

Для проведения лабораторных занятий учебная группа разбивается на две подгруппы, которые чередуются при выполнении работ. При распределении обучающихся на подгруппы соблюдается принцип добровольности.

Выполнение лабораторной работы предполагает предварительную подготовку к ней студентов. Это обусловлено ограничением времени выполнения работы, необходимостью проведения собеседования на допуск к выполнению лабораторного задания, осознанным выполнением работы и важностью получения достоверных результатов.

Подготовка включает в себя осознание целей лабораторного занятия, изучение теоретических основ используемых статистических методов, ознакомление с методикой выполнения работы и алгоритмом ее проведения, знание способов обработки полученных эмпирических данных, предполагаемых результатов обработки, формы их представления, содержания отчета о выполненной работе. Для подготовки целесообразно использовать инструкции по выполнению лабораторных заданий, в которых приведены задания по выполнению лабораторных работ, алгоритм их реализации.

Допуск студента к выполнению лабораторной работы осуществляется преподавателем после представления отчета о выполнении предыдущей работы и на основе собеседования по перечню вопросов на допуск. Они направлены на понимание сущности используемого статистического метода, знание критериев обработки статистических данных

и их алгоритма, последовательности выполнения задания, предполагаемых результатов. Длительность собеседования составляет не более 8-10 мин. Студенты, не сдавшие собеседование, к лабораторной работе не допускаются, и в течение времени, отведенного для проведения лабораторной работы, осуществляют подготовку к ней. Выполнение этой работы производится в часы, свободные от занятий, под руководством заведующего лабораторией.

При выполнении лабораторных работ преподаватель контролирует ход выполнения задания студентами, оказывает необходимую помощь. Результаты лабораторной работы фиксируются преподавателем в журнале учета выполнения лабораторных работ.

В случае выполнения студентами всех заданий лабораторной работы до истечения времени, отведенного для ее завершения, преподаватель осуществляет проверку полученных статистических данных, и в случае их достоверности, предлагает приступить к составлению отчета, который должен быть представлен не позднее начала очередной лабораторной работы. В случае необходимости в процессе работы над отчетом студент может обращаться к преподавателю за консультацией. Анализ полученных результатов, их интерпретация и составление отчета о выполненной работе производится студентом во время подготовки к очередной лабораторной работе.

Отчет о выполненной лабораторной работе должен быть защищен студентом. Защита проходит в начале следующей лабораторной работы в виде собеседования преподавателя со студентом, в ходе которого выясняется степень достоверности полученных результатов, понимание сущности применяемых статистических критериев, обоснованность полученных выводов. В журнале учета выполнения лабораторных работ преподаватель делает отметку о защите данной лабораторной работы.

Каждый студент в течение изучения дисциплины «Методы прикладной статистики» должен выполнить весь цикл запланированных лабораторных работ. Обучающиеся, не ликвидировавшие задолженности по лабораторным работам, не представившие отчеты и не защитившие их к началу экзаменационной сессии, к промежуточной аттестации по дисциплине не допускаются.

## Лабораторная работа №1

### «Статистика как наука»

**Цель:** научиться проводить психологические измерения, описывать их, определять тип шкалы, в которой измерены данные.

*Вопросы на допуск:*

1. Что называют измерением в психологии?
2. Какие виды психологических измерений вы знаете?
3. Что называют измерительной шкалой?
4. Какие виды измерительных шкал используют в психологии?

**Оборудование:** бланк методики «Корректирующая проба», карандаш, часы, калькулятор.

#### *Задание*

С помощью методики «Корректирующая проба» провести измерение характеристик внимания (продуктивность, точность, устойчивость) студентов группы. Для каждого показателя определить вид проведенного измерения и тип измерительной шкалы.

#### *Ход выполнения задания*

1. Распечатать 2 экземпляра бланка методики «Корректирующая проба» (Приложение 1).

2. Инструкция для выполнения задания: «На бланке напечатаны буквы русского алфавита. Последовательно рассматривая каждую строчку, отыскивайте буквы «к» и «р» и зачеркивайте их. Задание нужно выполнять быстро и точно. После того, как первая страница закончится, перейдите на вторую и продолжайте работать. По команде «черта» поставьте вертикальную черту в том месте, где вас застанет этот сигнал».

Испытуемые начинают работать по команде экспериментатора. По истечении 10 мин отмечается последняя просмотренная буква.



### Обработка результатов

1. По результатам выполнения задания определить следующие показатели [4, С. 68]:

Показатели	Результаты
Количество просмотренных за 10 мин букв	
Количество правильно вычеркнутых букв (m)	
Количество букв, которые необходимо было вычеркнуть (n)	
Точность выполнения задания, % (K)	
Оценка продуктивности, баллы (B)	
Оценка точности, баллы (C)	
Оценка устойчивости внимания, баллы (A)	

2. Определить продуктивность внимания, которая равна количеству просмотренных за 10 мин букв.

3. Рассчитать точность выполнения задания с помощью следующей формулы:

$$K = \frac{m}{n} \cdot 100\%,$$

где K – точность;

n – количество букв, которые необходимо было вычеркнуть;

m – количество правильно вычеркнутых за время работы букв (Приложение 2).

4. Перевести оценки продуктивности и точности в соответствующие баллы с помощью специальной таблицы, полученной путем шкалирования (табл. 1).

Таблица 1

Таблица перевода показателей внимания в баллы

Продуктивность		Точность		Продуктивность		Точность	
знаки	баллы (В)	%	баллы (С)	знаки	баллы (В)	%	баллы (С)
< 1011	1	< 70	1	2660 – 2825	16	84 – 85	12
1010 – 1175	3	70 – 72	2	2825 – 2990	17	85 – 87	13
1175 – 1340	5	72 – 73	3	2990 – 3155	18	87 – 88	14
1340 – 1550	7	73 – 74	4	3155 – 3320	19	88 – 90	15
1505 – 1670	9	74 – 76	5	3320 – 3485	20	90 – 91	16
1670 – 1835	10	76 – 77	6	3485 – 3650	21	91 – 92	17
1835 – 2000	11	77 – 79	7	3650 – 3815	22	92 – 94	18
2000 – 2165	12	79 – 80	8	3815 – 3980	23	94 – 95	20
2165 – 2330	13	80 – 81	9	3980 – 4145	24	95 – 96	22
2330 – 2495	14	81 – 83	10	4145 – 4310	25	96 – 98	24
2495 – 2660	15	83 – 84	11	> 4310	26	> 98	26

5. Определить интегральный показатель устойчивости внимания (А) по формуле:

$$A = B + C,$$

где В и С – балльные оценки продуктивности и точности соответственно.

#### Содержание отчета

1. Заполненный бланк методики «Корректурная проба».
2. Результаты измерения индивидуальных показателей внимания

(продуктивность, точность, устойчивость).

3. Таблица первичных эмпирических данных групповых показателей внимания (продуктивность, точность, устойчивость).

4. Обоснованные выводы о виде проведенных измерений показателей продуктивности, точности и устойчивости внимания.

5. Обоснованные выводы о типе измерительных шкал для показателей продуктивности, точности и устойчивости внимания.

6. Дата выполнения лабораторной работы и подпись исполнителя.

## **Лабораторная работа №2**

### **«Вычисление основных описательных статистик. Анализ формы распределения»**

**Цель:** научиться вычислять основные описательные статистики данных психологического исследования и анализировать форму эмпирического распределения с помощью программы STATISTICA.

#### ***Вопросы на допуск:***

1. Что называют мерами центральной тенденции? Какие характеристики выборки к ним относятся?
2. Что такое меры изменчивости? Какие описательные статистики к ним относятся?
3. Что такое меры формы? Какие характеристики выборки к ним относятся?
4. Что называют распределением признака? Охарактеризуйте нормальное распределение.

*Оборудование:* условие задачи №9 [1, С. 126], таблица «Данные для обработки» (Приложение 3).

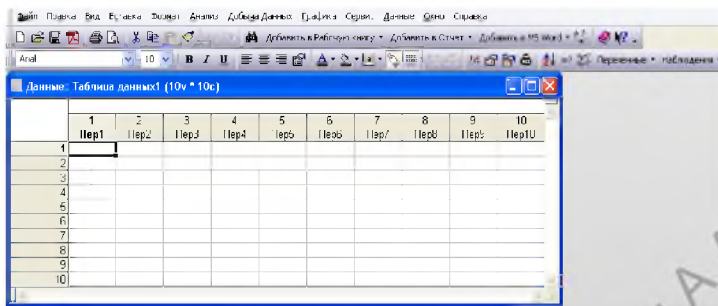
*Задача.* В исследовании изучалась способность детей соотносить изображения различных животных с их названием. Каждому ребенку предъявляли по 20 картинок. Количество правильных ответов для 15 детей таково: 20, 18, 13, 16, 9, 11, 17, 20, 14, 13, 20, 8, 17, 20, 14

#### ***Задание***

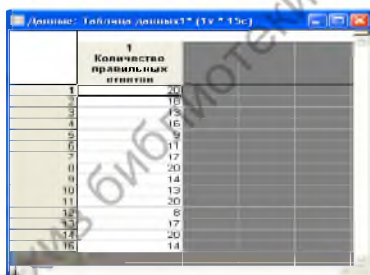
1. Для данных задачи №9 [1, С. 126] с помощью программы STATISTICA:
  - а) задать интервальное распределение;
  - б) рассчитать меры центральной тенденции, меры изменчивости и меры формы;
  - в) проанализировать форму эмпирического распределения.

## Ход работы

1. Зайти в программу STATISTICA. По умолчанию выпадет таблица размером 10x10:

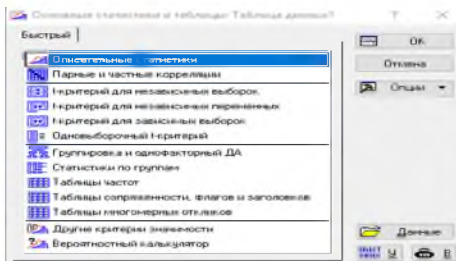


2. Задать нужное количество столбцов с помощью закладки «Переменные» и нужное количество строк с помощью закладки «Наблюдения». В нашем случае 1 переменная и 15 наблюдений. Двойным щелчком по ячейке «Пер1» вызвать окно, в котором задать имя переменной – «Количество правильных ответов». Затем внести данные для обработки:

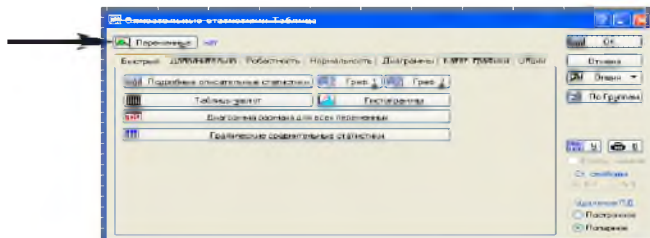


	1
1	Количество правильных ответов
1	20
2	18
3	23
4	16
5	9
6	11
7	17
8	20
9	14
10	13
11	20
12	8
13	15
14	20
15	14

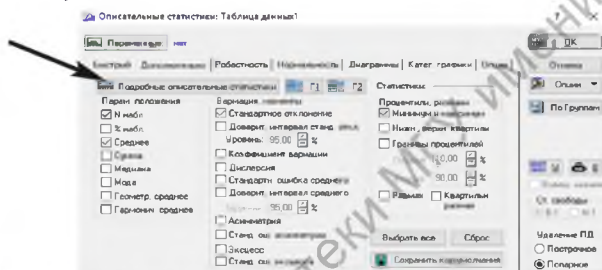
3. На верхней линейке выбрать закладку «Анализ», в выпавшем меню закладку «Основные статистики и таблицы», а затем в выпавшем окне закладку «Описательные статистики».



4. Задать переменную для обработки, выбрав ее в окне «Переменные»:



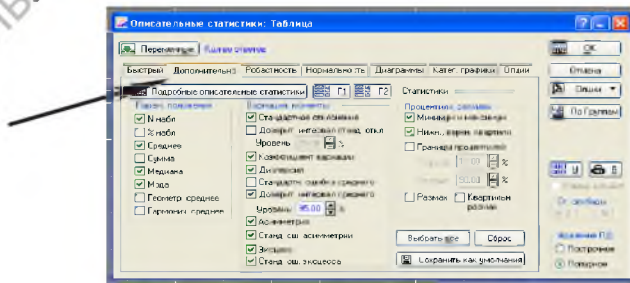
5. Выбрать способ расчета показателей «Быстрый». Показатели, которые рассчитываются при этом способе по умолчанию выделены птичками: это объем выборки (N набл), среднее значение, стандартное отклонение, минимальное и максимальное значения:



6. Нажав на закладку «Ок», получим следующую таблицу:

Переменная	Описательные статистики (Таблица)				
	N набл.	Среднее	Минимум	Максим.	Ст.откл.
Количество правильных ответов	15	15,33333	8,000000	20,00000	4,029652

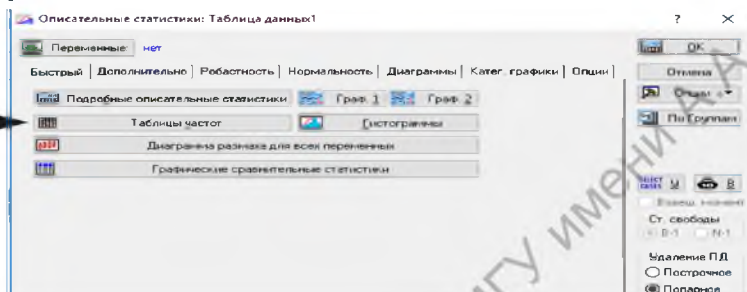
7. Закладка «Дополнительно» позволяет самостоятельно выбрать необходимые показатели, отметив их птичкой. Как правило, задают меры центральной тенденции, все меры изменчивости, а также асимметрию и эксцесс вместе с их стандартными ошибками, которые затем используют для характеристики формы эмпирического распределения:



8. Нажав на закладку «Ок», получим следующую таблицу, в которой представлены основные описательные статистики, характеризующие выборку:

Описательные статистики (Таблица)													
Переменная	И.набл.	Среднее	Доверит. 95,000%	Доверит. 95,000%	Модина	Мода	Частота моды	Минимум	Максимум	Нижняя квартиль	Верхняя квартиль	Дисперсия	Ст.откл.
Кол во т	15	5,33333	13,10179	17,56486	16,00000	20,00000	4	8,00000	20,00000	13,00000	20,00000	16,23810	4,02962
												26,28054	0,406276
													0,53119
													-0,900887
													1,123897

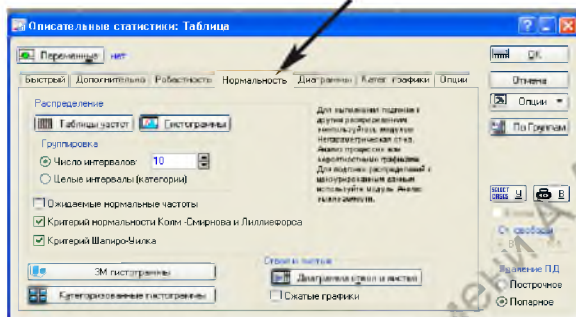
9. Вернувшись в закладку «Быстрый», можно задать интервальное распределение, воспользовавшись закладкой «Таблицы частот»:



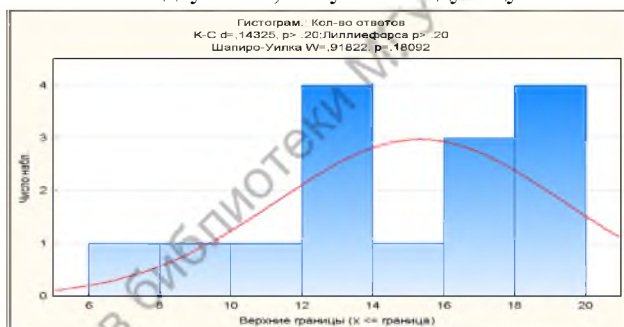
10. Нажав на закладку «Ок», получим следующую таблицу, в которой представлены интервалы группирования и соответствующие им частоты, накопленные частоты и относительные частоты:

Таблица частот. Количество правильных ответов (Таблица)						
K-S d=,14325, p>,20, Лиллиефорса p>,20						
Группа	Частота	Кумул. Частота	Процент допуст.	Кумул. % допуст.	% всех наблюд.	Кумул. % от всех
6,000000 < x <= 8,000000	1	1	6,66667	6,6667	6,66667	6,6667
8,000000 < x <= 10,000000	1	2	6,66667	13,3333	6,66667	13,3333
10,000000 < x <= 12,000000	1	3	6,66667	20,0000	6,66667	20,0000
12,000000 < x <= 14,000000	4	7	26,66667	46,6667	26,66667	46,6667
14,000000 < x <= 16,000000	1	8	6,66667	53,3333	6,66667	53,3333
16,000000 < x <= 18,000000	3	11	20,00000	73,3333	20,00000	73,3333
18,000000 < x <= 20,000000	4	15	26,66667	100,0000	26,66667	100,0000
Пропущ.	0	15	0,00000		0,00000	100,0000

11. Проверить распределение признака на соответствие нормальному можно, выбрав закладку «Нормальность». По умолчанию проверка проводится с помощью критерия Колмогорова-Смирнова. При желании можно добавить критерий Шапиро-Уилка, установив значки напротив соответствующих критериев, а затем выбрать закладку «Гистограммы»:



12. Нажав на закладку «Ок», получим следующую гистограмму:



Если эти критерии НЕЗНАЧИМЫ (т.е. уровень значимости  $p > 0,05$ ), то принимается гипотеза  $H_0$ , которая утверждает, что эмпирическое распределение измеряемого признака не отличается от нормального.

Для выборок небольшого объема при анализе формы распределения можно использовать сопоставление мер формы с их стандартными ошибками:

- если асимметрия по модулю не превышает свою стандартную ошибку и эксцесс по модулю не превышает свою стандартную ошибку, то распределение признака близко к нормальному. Если хотя бы одно из этих условий не выполняется, то распределение признака является отличным от нормального.



### *Индивидуальное задание*

1. Для одного из субтестов таблицы «Данные для обработки» по указанию преподавателя с помощью программы STATISTICA:

- а) задать интервальное распределение;
- б) рассчитать меры центральной тенденции, меры изменчивости и меры формы;
- в) проанализировать форму эмпирического распределения;
- г) составить отчет.

### *Содержание отчета*

1. Для выбранного субтеста представить результаты статистической обработки, проведенной с помощью программы STATISTICA:

- а) основные статистические показатели (меры центральной тенденции, меры изменчивости, меры формы);
- б) таблица частот;
- в) гистограмма.

2. Обоснованные выводы о характере эмпирического распределения.

3. Дата выполнения лабораторной работы и подпись исполнителя.

## Лабораторная работа №3

### «Статистические критерии проверки гипотез: выявление различий в уровне исследуемого признака»

**Цель:** научиться выявлять достоверность различий в уровне исследуемого признака с помощью разных статистических критериев, представленных в программе STATISTICA.

#### *Вопросы на допуск:*

1. Что называют статистическим критерием? Какие виды статистических критериев выделяют?
2. Какие типы задач может решать психолог при проведении исследования?
3. Охарактеризуйте задачу выявления различий в уровне исследуемого признака.
4. Какие статистические критерии могут быть использованы при решении задачи данного типа?
5. Чем определяется выбор статистического критерия при выявлении различий в уровне исследуемого признака?

**Оборудование:** таблица «Данные для обработки» (Приложение 3).

#### *Задания*

**Задание 1.** Установить достоверность различий в уровне исследуемого признака для данных примера 2 [1, С. 191] с помощью U-критерия Манна-Уитни, реализованного в программе STATISTICA.

Две группы испытуемых – контрольная и экспериментальная – решали техническую задачу. Показателем успешности решения служило время ее решения. Испытуемые экспериментальной группы получали дополнительную мотивацию в виде денежного вознаграждения. Можно ли утверждать, что денежное вознаграждение влияет на успешность решения задачи? Показатели времени решения технической задачи представлены в таблице:

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Контрольная группа	46	8	50	45	32	41	41	31	55
Экспериментальная группа	39	38	44	6	25	25	30	43	

**Задание 2.** Установить достоверность различий в уровне исследуемого признака для данных примера 3 [1, С. 192] с помощью t-критерия Стьюдента для независимых выборок, реализованного в программе STATISTICA.

Психолог измерял время сложной сенсомоторной реакции (в мс) у испытуемых контрольной и экспериментальной групп. В экспериментальную группу входили 9 спортсменов, а в контрольную – 8 человек, не занимающихся активно спортом. С помощью критерия Стьюдента определить, отличается ли средняя скорость сенсомоторной реакции у спортсменов и у людей, не занимающихся спортом? Результаты эксперимента представлены в таблице:

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Экспериментальная группа	504	560	420	600	580	530	490	580	470
Контрольная группа	580	692	700	621	640	561	680	630	-

**Задание 3.** Установить достоверность различий в уровне исследуемого признака для данных примера 4 [1, С. 196] с помощью H-критерия Крускала-Уоллиса, реализованного в программе STATISTICA.

Четыре группы испытуемых выполняли тест Бурдона в различных экспериментальных условиях. Психолог фиксировал число ошибок показателя переключаемости внимания в процентах для каждой группы:

0 группа: 23, 20, 34, 35; 2 группа: 34, 24, 25, 40;

1 группа: 45, 12, 34, 11; 3 группа: 21, 22, 26, 27.

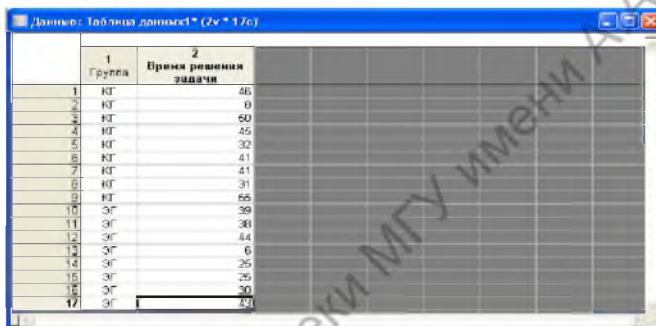
Зависит ли эффективность выполнения теста от условий, в которых он выполнялся?

### Ход работы:

**Задание 1.** Воспользуемся U- критерием Манна-Уитни.

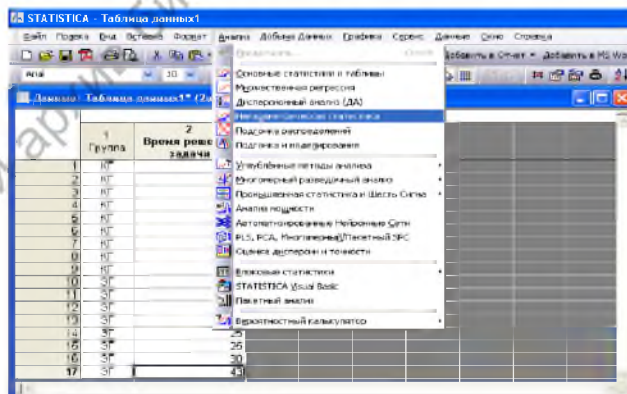
Сформулировать статистические гипотезы для данного критерия сразу невозможно, поскольку не установили, какая из групп будет первой выборкой, а какая второй.

1. Зайти в программу STATISTICA. Задать нужное количество столбцов с помощью закладки «Переменные» и нужное количество строк с помощью закладки «Наблюдения». В нашем случае 2 переменных – независимая «Группа» и зависимая – «Время решения задачи» и 17 наблюдений. Затем внести данные для обработки:

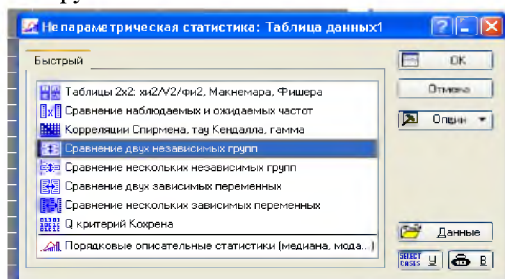


	1 Группа	2 Время решения задачи
1	КГ	46
2	КГ	9
3	КГ	50
4	КГ	45
5	КГ	30
6	КГ	41
7	КГ	41
8	КГ	31
9	КГ	66
10	ЭГ	39
11	ЭГ	38
12	ЭГ	44
13	ЭГ	6
14	ЭГ	25
15	ЭГ	25
16	ЭГ	30
17	ЭГ	41

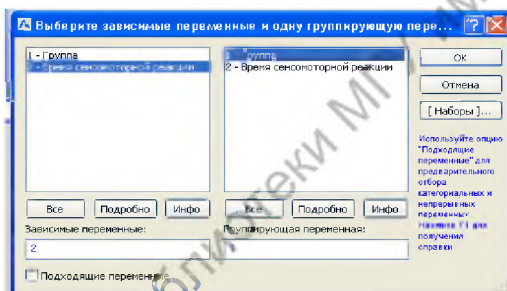
2. На верхней линейке выбрать закладку «Анализ», в выпавшем меню закладку «Непараметрическая статистика», поскольку U-критерий Манна-Уитни является непараметрическим:



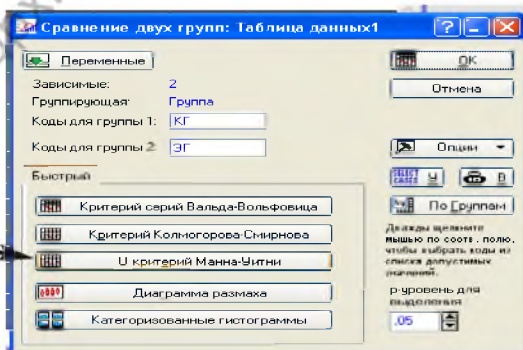
3. Выбрать необходимое условие для сопоставления: «Сравнение двух независимых групп».



4. Нажав на закладку «Ок», получим следующую таблицу, в которой нужно задать переменные для анализа. В правом окне выбираем НЕЗАВИСИМУЮ переменную – «Группа», в левом – ЗАВИСИМУЮ «Время решения задачи» и нажимаем «Ок»:



5. В выпавшем окне проверяем правильность внесения переменных (группирующая – независимая переменная) и выбираем U-критерий Манна-Уитни, нажав закладку «Ок»:



6. Получим таблицу, в которой представлены основные показатели U-критерия Манна-Уитни: сумма рангов каждой из сравниваемых выборок, эмпирическое значение  $U_{эмп}$ , а также p-уровень значимости:

		U критерий Манна-Уитни (Таблица данных1)								
		По перем. Группа								
		Отмеченные критерии значимы на уровне $p < 0,05000$								
Перем.		Сум. ранг КГ	Сум. ранг ЭГ	U	Z	p-уров.	Z скорр.	p-уров.	N КГ	N ЭГ
Время решения задачи		98,00000	55,00000	19,00000	1,587713	0,112352	1,589863	0,111912	9	8
										2-х стор точный p
										0,113945

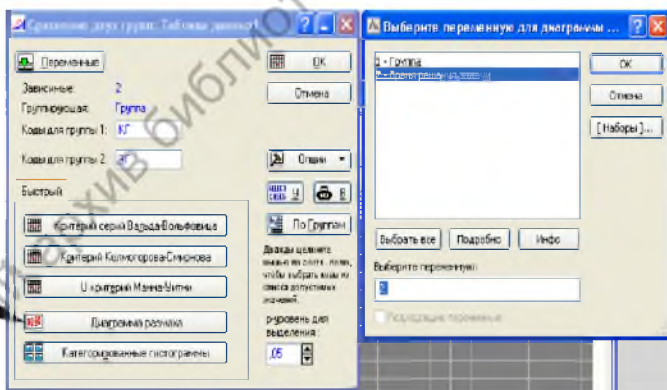
7. Только после этого можно сформулировать статистические гипотезы для данного критерия, считая первой группой ту, в которой сумма рангов больше. В нашем случае – это контрольная группа (КГ):

$H_0$ : время решения задачи в контрольной группе не превышает время решения задачи в экспериментальной группе.

$H_1$ : время решения задачи в контрольной группе превышает время решения задачи в экспериментальной группе.

Поскольку уровень значимости  $p=0,1123$ , что превышает 0,05, то принимается гипотеза  $H_0$ , т.е. выявленные различия недостоверны.

8. Для графического представления полученных результатов нужно вернуться в окно «Сравнение двух независимых групп», выбрать закладку «Диаграмма размаха», нажать «Ок» и в выпавшем окне выбрать ЗАВИСИМУЮ переменную («Время решения задачи»):



А. Кулешова

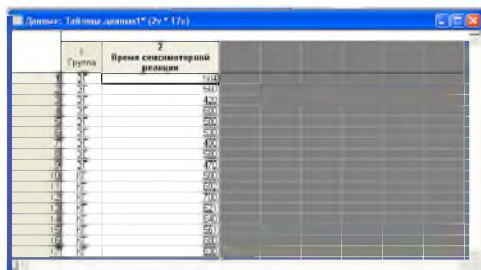


2. Зайти в программу STATISTICA. Задать нужное количество с помощью закладки «Переменные» и нужное количество наблюдений с помощью закладки «Наблюдения». В нашем случае 2 переменная – «Группа» и зависимая – «Время сенсомоторной реакции» 17 наблюдений. Затем внести данные для обработки:

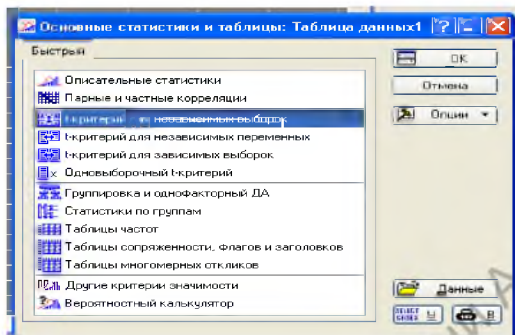
$H_c$ : среднее время сенсомоторной реакции

$H_1$ : среднее время сенсомоторной реакции в экспериментальной группе достоверно отличается от среднего времени сенсомоторной реакции в контрольной группе.

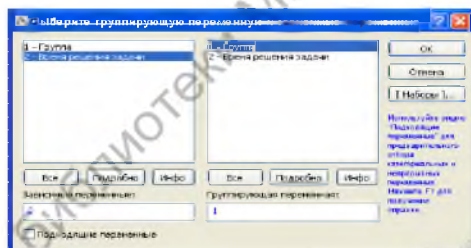
2. Зайти в программу STATISTICA. Задать нужное количество столбцов с помощью закладки «Переменные» и нужное количество строк с помощью закладки «Наблюдения». В нашем случае 2 переменных – независимая «Группа» и зависимая – «Время сенсомоторной реакции» и 17 наблюдений. Затем внести данные для обработки:



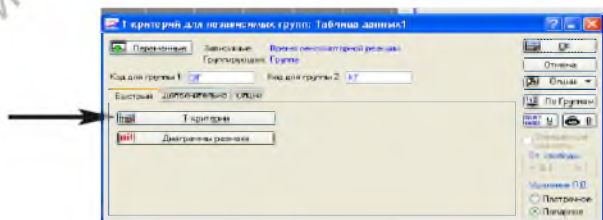
3. На верхней линейке выбрать закладку «Анализ», в выпавшем меню закладку «Основные статистики и таблицы», а затем «t-критерий для двух независимых выборок»:



4. Нажав на закладку «Ок», получим следующую таблицу, в которой нужно задать переменные для анализа. В правом окне выбираем НЕЗАВИСИМУЮ переменную – «Группа», в левом – ЗАВИСИМУЮ «Время сенсомоторной реакции» и нажимаем «Ок»:



5. В выпавшем окне проверяем правильность внесения переменных (группирующая – независимая переменная) и выбираем Т-критерий, нажав закладку «Ок»:



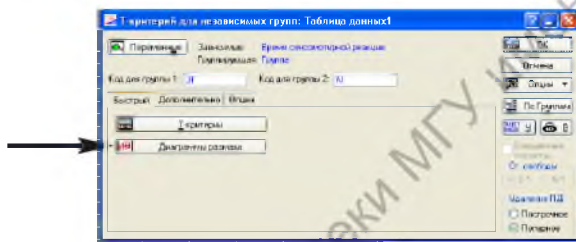


6. Получим таблицу, в которой представлены основные показатели t-критерия Стьюдента: среднее значение и стандартное отклонение каждой из сравниваемых выборок, эмпирическое значение  $t_{эмп}$ , число степеней свободы (сс), а также p-уровень значимости:

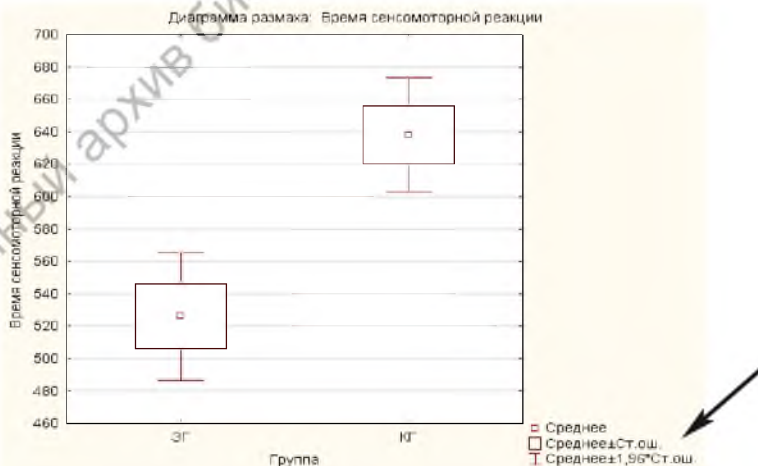
		Т-критерий, Группир.: Группа (Таблица данных1)									
		Группа 1: ЗГ									
		Группа 2: ИГ									
Переменная		Среднее	Среднее	Станд.	Станд.	р	Н набл	Н набл	Статист	Статист	F-стат
		ЗГ	ИГ	ЗГ	ИГ		ЗГ	ИГ	ЗГ	ИГ	дисперс.
Время сенсомоторной реакции		625,0000	638,0000	4,12624	16	0,000897	9	8	59,82474	50,96376	1,375606
											0,696231

Поскольку уровень значимости  $p=0,000897$  (это меньше чем 0,05), то  $H_0$  отвергается, принимается гипотеза  $H_1$ , т.е. выявленные различия достоверны.

7. Для графического представления полученных результатов нужно вернуться в окно «Т-критерий», выбрать закладку «Диаграмма размаха», нажать «Ок»:



8. В результате получим следующий график, на котором представлены основные характеристики переменной «Время сенсомоторной реакции» – среднее значение, его стандартная ошибка и доверительный интервал:



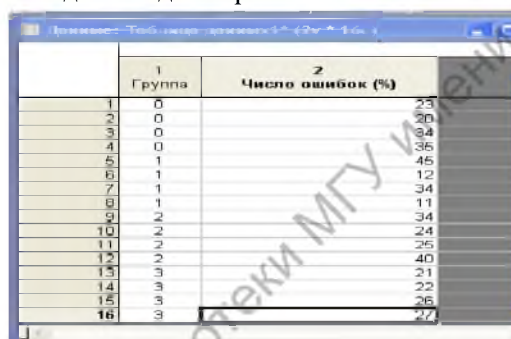
**Задание 3.** Воспользуемся Н-критерием Крускала-Уоллиса.

1. Сформулируем статистические гипотезы.

$H_0$ : четыре выборки респондентов не различаются по числу ошибок при выполнении теста.

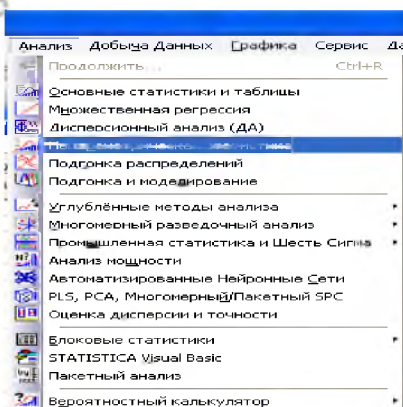
$H_1$ : четыре выборки респондентов различаются по числу ошибок при выполнении теста.

2. Зайти в программу STATISTICA. Задать нужное количество столбцов с помощью закладки «Переменные» и нужное количество строк с помощью закладки «Наблюдения». В нашем случае 2 переменных – независимая «Группа» и зависимая – «Число ошибок (%)» и 16 наблюдений. Затем внести данные для обработки:

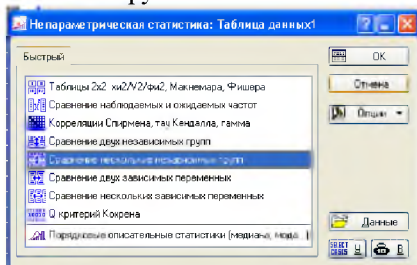


	1 Группа	2 Число ошибок (%)
1	0	23
2	0	20
3	0	34
4	0	36
5	1	46
6	1	12
7	1	34
8	1	11
9	2	34
10	2	24
11	2	26
12	2	40
13	3	21
14	3	22
15	3	26
16	3	27

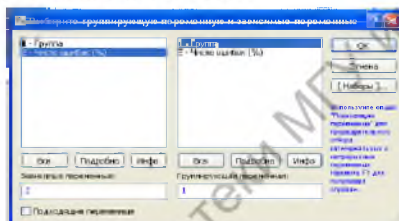
3. На верхней линейке выбрать закладку «Анализ», в выпавшем меню закладку «Непараметрическая статистика», поскольку Н-критерий Крускала-Уоллиса является непараметрическим:



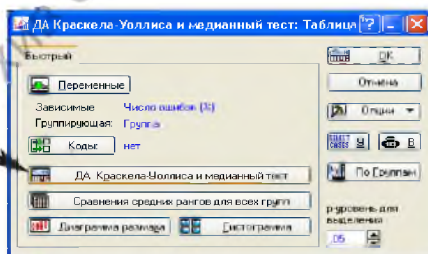
4. Выбрать необходимое условие для сопоставления: «Сравнение нескольких независимых групп».



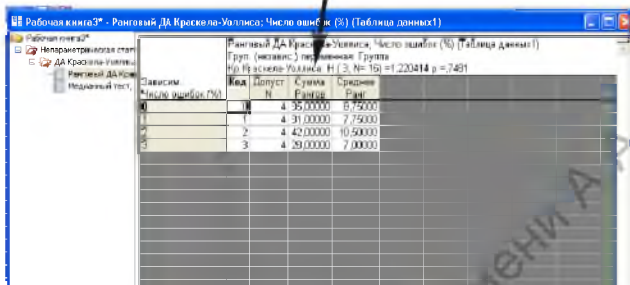
5. Нажав на закладку «Ок», получим следующую таблицу, в которой нужно задать переменные для анализа. В правом окне выбираем НЕЗАВИСИМУЮ переменную – «Группа», в левом – ЗАВИСИМУЮ «Число ошибок (%)» и нажимаем «Ок»:



6. В выпавшем окне проверяем правильность внесения переменных (группирующая – независимая переменная) и выбираем закладку «ДА Краскала-Уоллиса медианный тест», нажав закладку «Ок»:



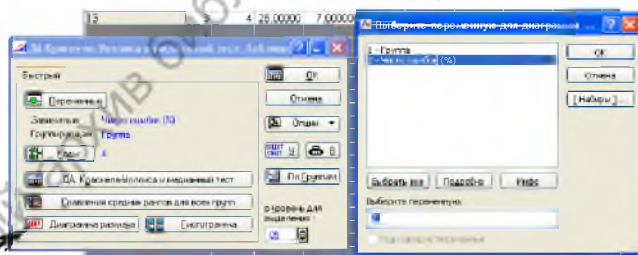
7. Получим диалоговое окно, в верхнем левом углу которого нужно выбрать закладку «Ранговый ДА Краскала-Уоллиса». В результате получим таблицу, в которой представлены основные показатели Н-критерия Краскала-Уоллиса: объемы сравниваемых выборок, сумма рангов для каждой выборки, ВВЕРХУ таблицы эмпирическое значение  $H_{\text{эмп}}$ , а также  $p$ -уровень значимости:



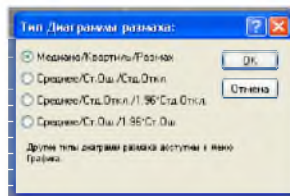
Группа	Число наблюдений (N)	Сумма рангов	Среднее ранг
1	4	35,00000	8,75000
2	4	31,00000	7,75000
3	4	42,00000	10,50000

Поскольку уровень значимости  $p=0,7481$ , что превышает  $0,05$ , то принимается гипотеза  $H_0$ , т.е. выявленные различия между сравниваемыми выборками недостоверны.

8. Для графического представления полученных результатов нужно вернуться в окно «ДА Краскала-Уоллиса медианный тест», выбрать закладку «Диаграмма размаха», нажать «Ок» и в выпавшем окне выбрать зависимую переменную «Число ошибок (%)»:



9. По умолчанию в таблице заданы основные описательные статистики переменной «Число ошибок (%)» – медиана, внутриквартильный размах, минимальное и максимальное значение, поскольку критерий непараметрический и не требует от статистических данных соответствия нормальному закону распределения:



10. В результате получим следующий график, в правом нижнем углу которого представлены основные описательные статистики переменной «Число ошибок (%)» – медиана, внутриквартильный размах, минимальное и максимальное значение:



### ***Индивидуальное задание***

1. Сравнить показатели субтеста таблицы «Данные для обработки», заданного преподавателем, для выборок юношей и девушек с помощью программы STATISTICA:

а) обосновать выбор критерия, проанализировав форму эмпирического распределения и основные характеристики сравниваемых выборок;

б) сформулировать статистические гипотезы;

в) рассчитать основные показатели критерия, представив их в виде таблицы;

г) представить результаты обработки статистических данных в виде графика;

д) составить отчет.

### ***Содержание отчета***

1. Для выбранного субтеста представить результаты статистической обработки, проведенной с помощью программы STATISTICA:

а) обоснование выбора статистического критерия, адекватного для имеющихся данных;

б) проверяемые статистические гипотезы;

в) расчеты основных показателей статистического критерия;

г) графическое представление результатов обработки данных с помощью статистического критерия.

2. Вывод о проверке статистических гипотез.

3. Дата выполнения лабораторной работы и подпись исполнителя.

## Лабораторная работа №4

### «Статистические критерии проверки гипотез: оценка достоверности сдвига в значениях исследуемого признака»

**Цель:** научиться выявлять достоверность сдвига в значениях исследуемого признака с помощью разных статистических критериев, представленных в программе STATISTICA.

#### Вопросы на допуск:

1. Что называют статистическим критерием? Какие виды статистических критериев выделяют?
2. Какие типы задач может решать психолог при проведении исследования?
3. Охарактеризуйте задачу оценки достоверности сдвига в значениях исследуемого признака.
4. Какие статистические критерии могут быть использованы при решении задачи данного типа?
5. Дайте характеристику основным видам сдвигов в значениях исследуемого признака.
6. Чем определяется выбор статистического критерия при выявлении различий в уровне исследуемого признака?

**Оборудование:** таблица «Данные для обработки» (Приложение 3).

#### Задания

**Задание 1.** Установить достоверность сдвига в значениях исследуемого признака для данных примера 1 [1, С. 206] с помощью G-критерия знаков, реализованного в программе STATISTICA.

Психолог проводит групповой тренинг с целью снижения уровня тревожности. С помощью теста Тейлора он дважды выявляет уровень тревожности у 14 участников до и после проведения тренинга. Пользуясь результатами исследования, представленными в таблице, выяснить, был ли проведенный тренинг эффективным.

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Уровень тревожности до тренинга	30	39	35	34	40	35	22	22	32	23	16	34	33	34
Уровень тревожности после тренинга	34	39	26	33	34	40	25	23	33	24	15	27	35	37

**Задание 2.** Установить достоверность сдвига в значениях исследуемого признака для данных примера 2 [1, С. 208] с помощью Т-критерия Вилкоксона, реализованного в программе STATISTICA.

В кабине самолета изменили эргономическую среду, что привело к изменению времени выполнения определенной задачи пилотом. В исследовании были сделаны замеры в двух разных условиях у 10 летчиков. Выяснить, привело ли изменение эргономической среды к изменению времени решения задачи пилотами.

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Начальные показатели времени решения задачи	52	55	47	62	58	58	44	57	61	63
Конечные показатели времени решения задачи	51	60	41	68	58	55	40	49	52	68

**Задание 3.** Установить достоверность сдвига в значениях исследуемого признака для данных примера 3 [1, С. 209] с помощью t-критерия Стьюдента для зависимых выборок, реализованного в программе STATISTICA.

В начале учебного года у группы первокурсников был измерен уровень интеллекта. Через год при помощи параллельной методики у этих же студентов снова измерили уровень интеллекта. Можно ли утверждать, что за год обучения интеллектуальный уровень студентов значительно изменился?

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Начальный срез	100	102	105	120	110	106	109	115	115	114	111	125
Конечный срез	116	102	114	122	119	116	100	121	118	124	119	121

**Задание 4.** Установить достоверность сдвига в значениях исследуемого признака для данных примера 4 [1, С. 211] с помощью  $\chi^2_r$  - критерия Фридмана, реализованного в программе STATISTICA.

Шести школьникам предъявляют тест Равена. Фиксируется время решения каждого задания. Результаты измерений представлены в таблице. Выяснить, существуют ли значимые различия между временем решения первых трех заданий теста.

№ п.п.	Время решения первого задания (в сек)	Время решения второго задания (в сек)	Время решения третьего задания (в сек)
1	8	3	5
2	4	15	12
3	6	23	15
4	3	6	6
5	7	12	3
6	15	24	12

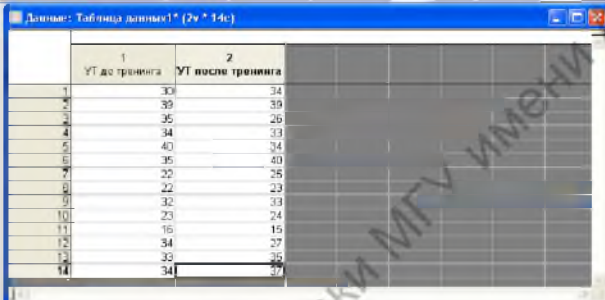


### *Ход работы:*

**Задание 1.** Воспользуемся G- критерием знаков.

Сформулировать статистические гипотезы для данного критерия сразу невозможно, поскольку не установлено, какой сдвиг будет типичным.

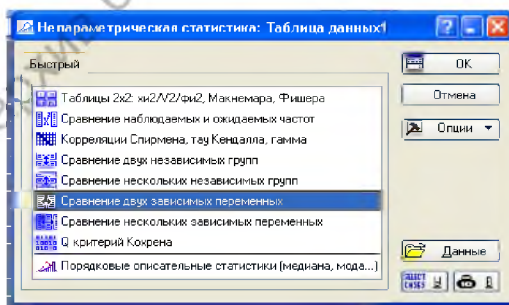
1. Зайти в программу STATISTICA. Задать нужное количество столбцов с помощью закладки «Переменные» и нужное количество строк с помощью закладки «Наблюдения». В нашем случае 2 переменных: первая – «Уровень тревожности (УТ) до тренинга», вторая – «Уровень тревожности (УТ) после тренинга» и 14 наблюдений. Затем внести данные для обработки:



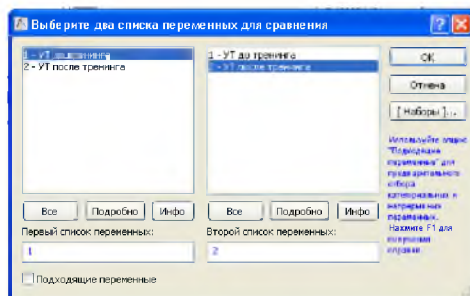
Данные: Таблица данных1\* (2x \* 14x)

	1	2
	УТ до тренинга	УТ после тренинга
1	30	34
2	39	39
3	35	26
4	34	33
5	40	34
6	35	40
7	22	26
8	22	23
9	32	33
10	23	24
11	16	19
12	34	27
13	33	36
14	34	37

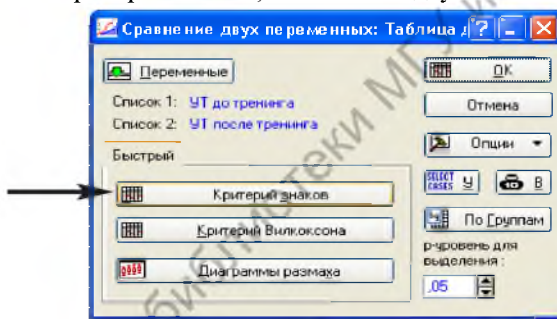
2. На верхней линейке выбрать закладку «Анализ», в выпавшем меню закладку «Непараметрическая статистика», поскольку G-критерий знаков является непараметрическим. Выбрать необходимое условие для сопоставления: «Сравнение двух зависимых переменных»:



3. Нажав «Ок», получим следующую таблицу, в которой нужно задать переменные для анализа. В левом окне выбираем переменную, полученную до воздействия («УТ до тренинга»), в левом – после воздействия («УТ после тренинга») и нажимаем «Ок»:



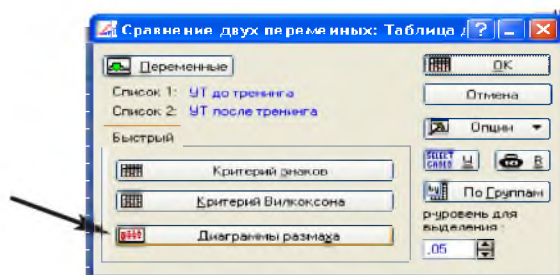
4. В выпавшем окне проверяем правильность внесения переменных и выбираем G-критерий знаков, нажав закладку «Ок»:



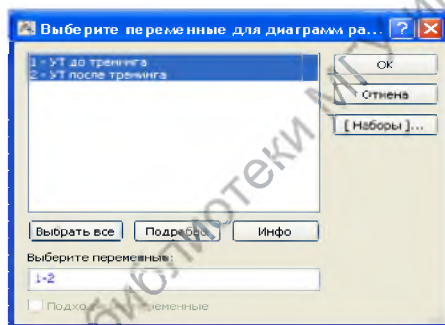
5. Получим таблицу, в которой представлены основные показатели G-критерий знаков: объем выборки, уменьшенный на количество нулевых сдвигов, эмпирическое значение  $G_{эмп}$ , а также р-уровень значимости:

		Критерий знаков (Таблица данных1)			
		Отмеченные критерии значимы на уровне $p < .05000$			
Пара перем.		Число несовп.	Процент $v < V$	Z	p-уров.
УТ до тренинга & УТ после тренинга		13	61,53846	0,554700	0,579100

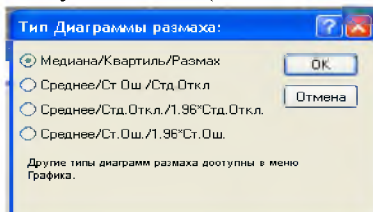
6. Для графического представления полученных результатов нужно вернуться во вкладку «Сравнение двух переменных», расположенную в левом нижнем углу, выбрать закладку «Диаграмма размаха», нажать «Ок»:



7. В выпавшем окне нужно задать две переменные для построения диаграммы размаха и нажать «Ок»:



8. Поскольку G-критерий знаков является непараметрическим, для выбора типа диаграммы лучше воспользоваться первой закладкой, которая установлена по умолчанию («Медиана/Квартиль/Размах»):



9. В результате получим график, на котором представлены основные описательные статистики сравниваемых замеров – медиана, внутриквартильный размах, минимальное и максимальное значение:



10. Только после этого можно сформулировать статистические гипотезы для данного критерия. Из графика следует, что при переходе от первого замера ко второму показатели увеличивались. Тогда:

$H_0$ : преобладание положительных сдвигов является случайным.

$H_1$ : преобладание положительных сдвигов не является случайным.

Поскольку уровень значимости  $p=0,5791$ , что превышает  $0,05$ , то принимается гипотеза  $H_0$ , т.е. преобладание положительных сдвигов является случайным и не вызвано проведенным тренингом.

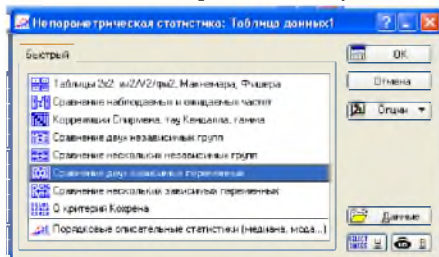
**Задание 2.** Воспользуемся Т- критерием Вилкоксона.

Сформулировать статистические гипотезы для данного критерия сразу невозможно, поскольку не установлено, какой сдвиг будет типичным.

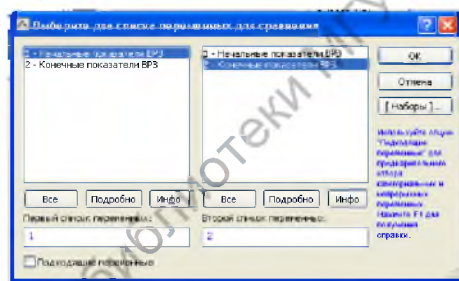
1. Зайти в программу STATISTICA. Задать нужное количество столбцов с помощью закладки «Переменные» и нужное количество строк с помощью закладки «Наблюдения». В нашем случае 2 переменных: первая – «Начальные показатели времени решения задачи (ВРЗ)», вторая – «Конечные показатели времени решения задачи (ВРЗ)» и 10 наблюдений. Затем внести данные для обработки:

	1 Начальные показатели ВРЗ	2 Конечные показатели ВРЗ
1	42	51
2	50	60
3	47	41
4	62	33
5	50	50
6	50	55
7	44	40
8	57	45
9	51	42
10	51	55

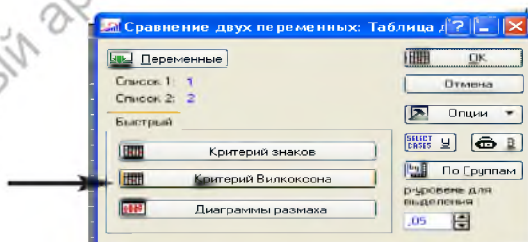
2. На верхней линейке выбрать закладку «Анализ», в выпавшем меню закладку «Непараметрическая статистика», поскольку Т-критерий Вилкоксона является непараметрическим. Выбрать необходимое условие для сопоставления: «Сравнение двух зависимых переменных»:



3. Нажав «Ок», получим следующую таблицу, в которой нужно задать переменные для анализа. В левом окне выбираем переменную, полученную до воздействия («Начальные показатели ВРЗ»), в левом – после воздействия («Конечные показатели ВРЗ») и нажимаем «Ок»:



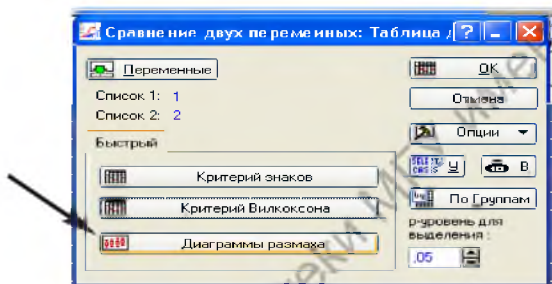
4. В выпавшем окне проверяем правильность внесения переменных и выбираем Т-критерий Вилкоксона, нажав закладку «Ок»:



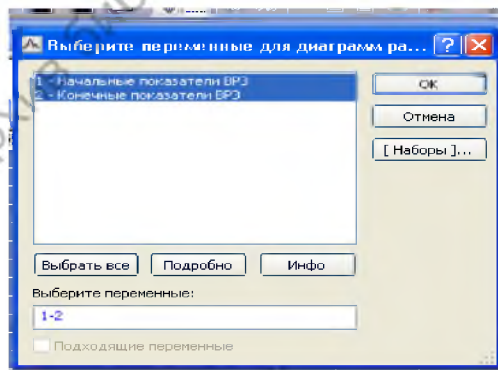
5. Получим таблицу, в которой представлены основные показатели Т-критерия Вилкоксона: объем выборки, уменьшенный на количество нулевых сдвигов, эмпирическое значение  $T_{эмп}$ , а также р-уровень значимости:

Пара перем.	Критерий Вилкоксона (Таблица данных)			
	Число набл.	T	Z	р-уров.
Начальные показатели ВРЗ & Конечные показатели ВРЗ	9	15,50000	0,829288	0,406942

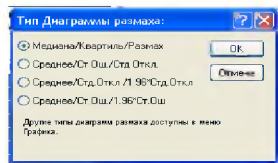
6. Для графического представления полученных результатов нужно вернуться во вкладку «Сравнение двух переменных», расположенную в левом нижнем углу, выбрать закладку «Диаграмма размаха», нажать «Ок»:



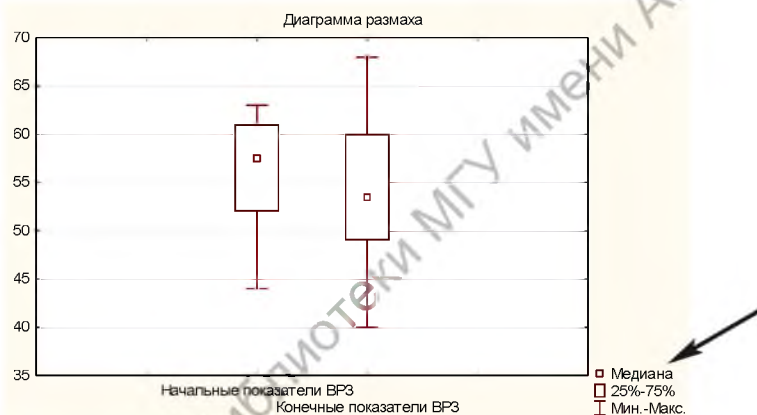
7. В выпавшем окне нужно задать две переменные для построения диаграммы размаха и нажать «Ок»:



8. Поскольку Т-критерий Вилкоксона является непараметрическим, для выбора типа диаграммы лучше воспользоваться первой закладкой, которая установлена по умолчанию («Медиана/Квартиль/Размах»):



9. В результате получим график, на котором представлены основные описательные статистики сравниваемых замеров – медиана, внутриквартильный размах, минимальное и максимальное значение:



10. Только после этого можно сформулировать статистические гипотезы для данного критерия. Из графика следует, что при переходе от первого замера ко второму показатели уменьшались. Тогда:

$H_0$ : интенсивность отрицательных сдвигов не превосходит интенсивности положительных сдвигов.

$H_1$ : интенсивность отрицательных сдвигов превосходит интенсивности положительных сдвигов.

Поскольку уровень значимости  $p=0,406942$ , что превышает 0,05, то принимается гипотеза  $H_0$  т.е. преобладание отрицательных сдвигов является случайным, т.е. изменение эргономической среды не привело к изменению времени решения задачи пилотом.

**Задание 3.** Воспользуемся критерием t-критерием Стьюдента для зависимых выборок.

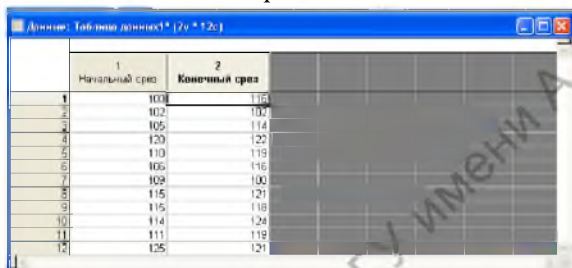
1. Сформулируем статистические гипотезы.



$H_0$ : сдвиг между показателями начального и конечного срезов не достоверен.

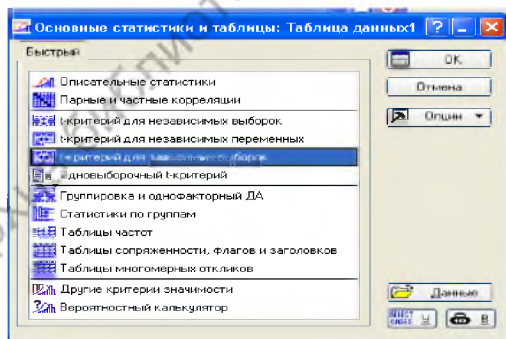
$H_1$ : сдвиг между показателями начального и конечного срезов достоверен.

2. Зайти в программу STATISTICA. Задать нужное количество столбцов с помощью закладки «Переменные» и нужное количество строк с помощью закладки «Наблюдения». В нашем случае две переменных: первая – «Начальный срез», вторая – «Конечный срез» и 12 наблюдений. Затем ввести данные для обработки:



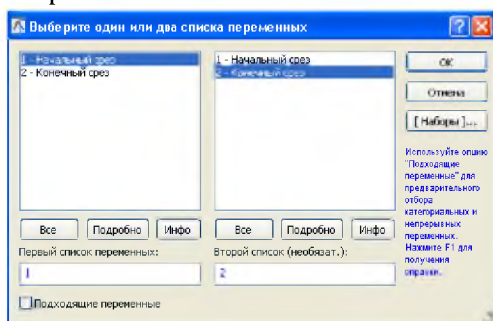
	1 Начальный срез	2 Конечный срез
1	100	116
2	102	102
3	105	114
4	120	122
5	110	119
6	105	116
7	109	100
8	115	121
9	115	118
10	114	124
11	111	119
12	125	121

3. На верхней линейке выбрать закладку «Анализ», в выпавшем меню закладку «Основные статистики и таблицы», а затем «t-критерий для зависимых выборок»:

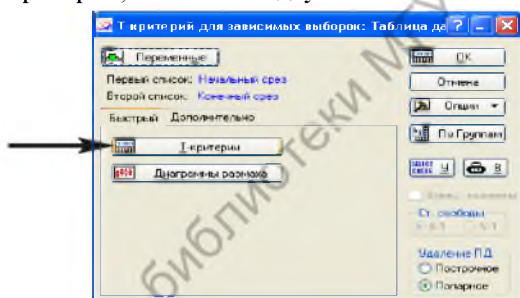




4. Нажав на закладку «Ок», получим следующую таблицу, в которой нужно задать переменные для анализа. В левом окне выбираем переменную до воздействия – «Начальный срез», в правом – после воздействия «Конечный срез» и нажимаем «Ок»:



5. В выпавшем окне проверяем правильность внесения переменных и выбираем Т-критерий, нажав закладку «Ок»:

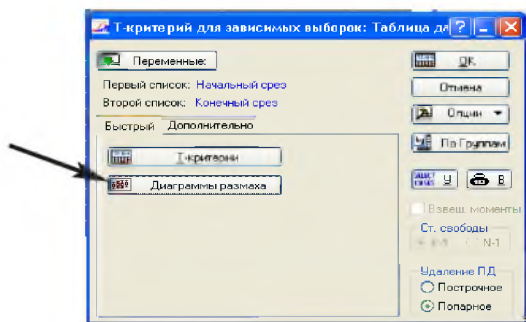


6. Получим таблицу, в которой представлены основные показатели т-критерия Стьюдента: среднее значение и стандартное отклонение каждого замера, эмпирическое значение  $t_{\text{эмп}}$ , число степеней свободы (сс), а также р-уровень значимости:

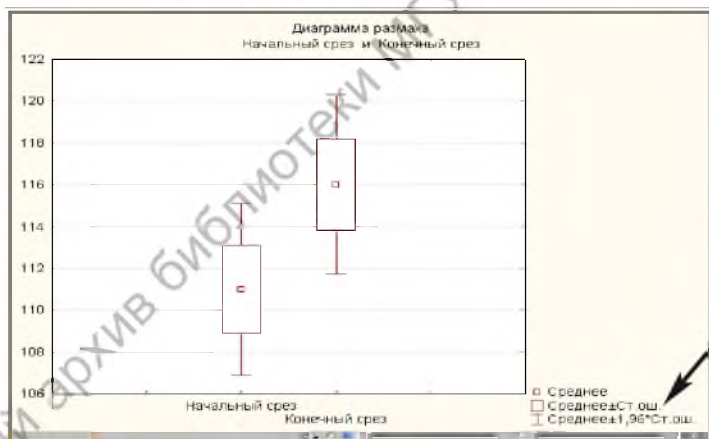
Т-критерий для зависимых выборок (Таблица данных1)											
Отмечены различия, значимые на уровне $p < .05000$											
Переменная	Среднее	Стд.откл.	N	разн.	Стд.откл. разн.	t	сс	p	Доверит. -95,000%	Доверит. +95,000%	
Начальный срез	111.0000	7.290817									
Конечный срез	116.0000	7.555853	12	-5.00000	6.928203	-2.50000	11	0.029506	-9.40197	0.598030	

Поскольку уровень значимости  $p=0,029506$  (это меньше чем 0,05), то  $H_0$  отвергается, принимается гипотеза  $H_1$ , т.е. выявленные различия достоверны.

7. Для графического представления полученных результатов нужно вернуться в окно «Т-критерий», выбрать закладку «Диаграмма размаха», нажать «Ок»:



8. В результате получим следующий график, на котором представлены основные характеристики сравниваемых замеров: среднее значение, его стандартная ошибка и доверительный интервал.



**Задание 4.** Воспользуемся  $\chi^2$  - критерием Фридмана.

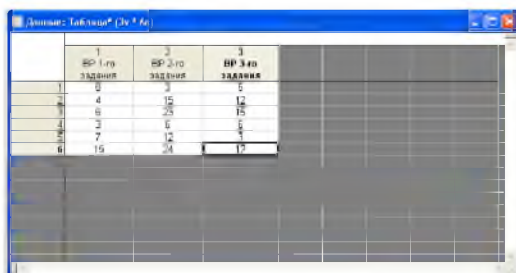
1. Сформулируем статистические гипотезы.

$H_0$ : различия между временем решения испытуемыми трех заданий теста случайны.

$H_1$ : различия между временем решения испытуемыми трех заданий теста не случайны.

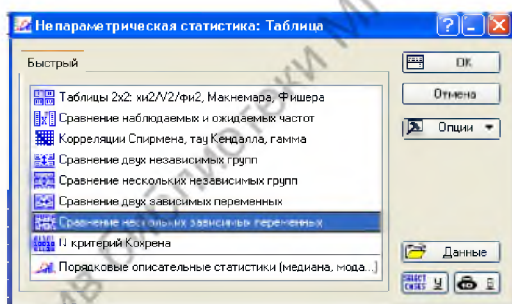
2. Зайти в программу STATISTICA. Задать нужное количество столбцов с помощью закладки «Переменные» и нужное количество

строк с помощью закладки «Наблюдения». В нашем случае 3 переменных – «Время решения 1-го задания», «Время решения 2-го задания», «Время решения 3-го задания» и 6 наблюдений. Затем внести данные для обработки:

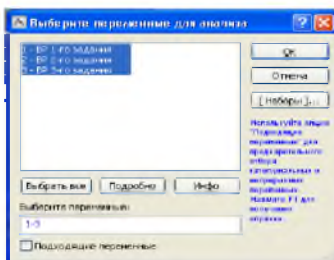


	1 ВР 1-го задания	2 ВР 2-го задания	3 ВР 3-го задания
1	8	9	5
2	4	16	12
3	6	25	15
4	3	6	6
5	7	14	9
6	15	34	17

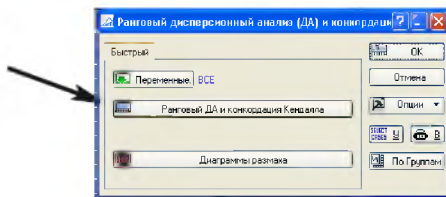
3. На верхней линейке выбрать закладку «Анализ», в выпавшем меню закладку «Непараметрическая статистика», поскольку  $\chi_r^2$  - критерий Фридмана является непараметрическим. Выбрать необходимое условие для сопоставления замеров «Сравнение нескольких зависимых переменных»:



4. Нажав на закладку «Ок», получим следующую таблицу, в которой нужно задать переменные для анализа. В нижней ячейке указываем номера переменных «1-3» и нажимаем «Ок»:



5. В выпавшем окне проверяем правильность внесения переменных и выбираем закладку «Ранговый ДА и конкордация Кендалла». Это и есть  $\chi^2$  - критерий Фридмана:

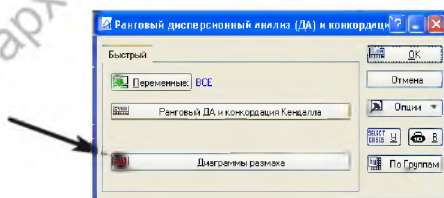


6. Нажав «Ок» получим таблицу, в которой представлены основные характеристики сравниваемых замеров (сумма рангов, среднее значение и стандартное отклонение). ВВЕРХУ таблицы показаны эмпирическое значение  $\chi^2_{\text{эмп}}$ , а также р-уровень значимости:

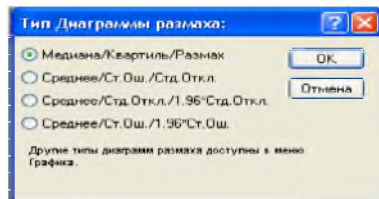
Ранговый ДА Фридмана и конкордация Кендалла (Таблица)					
ДА хи-кв.(N = 6, cc = 2) = 3,217391 p < ,20015					
Козфф. конкордации = ,26812 Средн. ранг r = ,12174					
Перем.	Средн. ранг	Сумма Рангов	Среднее	Ст.откл.	
ВР 1-го задания	1,666667	10,00000	7,16667	4,262237	
ВР 2-го задания	2,583333	15,50000	13,83333	8,612007	
ВР 3-го задания	1,750000	10,50000	8,83333	4,792355	

Поскольку уровень значимости  $p=0,20015$ , что превышает 0,05, то принимается гипотеза  $H_0$  т.е. выявленные различия между сравниваемыми показателями недостоверны.

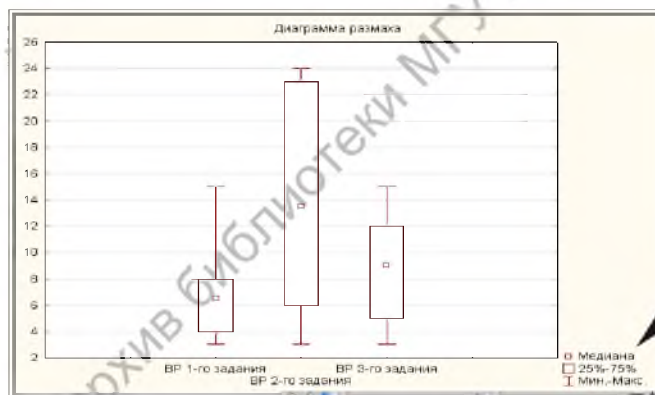
8. Для графического представления полученных результатов нужно вернуться в окно «Ранговый ДА и конкордация Кендалла», выбрать закладку «Диаграмма размаха», нажать «Ок»:



9. По умолчанию в таблице заданы основные описательные статистики сравниваемых замеров – медиана, внутриквартильный размах, минимальное и максимальное значение, поскольку критерий непараметрический и не требует от статистических данных соответствия нормальному закону распределения:



10. В результате получим следующий график, на котором представлены основные описательные статистики трех сравниваемых замеров – медиана, внутриквартильный размах, минимальное и максимальное значение:



## Индивидуальное задание

1. Сравнить начальные показатели субтеста таблицы «Данные для обработки», с измененными на указанную величину показателями (см. таблицу) с помощью программы STATISTICA:

№ п.п	Начальные показатели субтеста («до»)	Измененные показатели субтеста («после»)	№ п.п	Начальные показатели субтеста («до»)	Измененные показатели субтеста («после»)
1		+2	16		+6
2		-1	17		-1
3		-3	18		0
4		+1	19		+2
5		+5	20		+1
6		-1	21		+5
7		0	22		+4
8		+3	23		-2
9		-1	24		-1
10		-2	25		0
11		+1	26		+4
12		+4	27		+3
13		+2	28		+5
14		-2	29		-1
15		-1	30		+1

а) обосновать выбор критерия, проанализировав форму эмпирического распределения и основные характеристики сравниваемых выборок;

б) сформулировать статистические гипотезы;

в) рассчитать основные показатели критерия, представив их в виде таблицы;

г) представить результаты обработки статистических данных в виде графика;

д) составить отчет.

### Содержание отчета

1. Для выбранного субтеста представить результаты статистической обработки, проведенной с помощью программы STATISTICA:

а) обоснование выбора статистического критерия, адекватного для имеющихся данных;

б) проверяемые статистические гипотезы;

в) расчеты основных показателей статистического критерия;

г) графическое представление результатов обработки данных с помощью статистического критерия.

2. Вывод о проверке статистических гипотез.

3. Дата выполнения лабораторной работы и подпись исполнителя.

## **Лабораторная работа №5**

### **«Статистические критерии проверки гипотез: выявление различий в распределении признака»**

**Цель:** научиться выявлять достоверность различий в распределении признака с помощью разных статистических критериев, представленных в программе STATISTICA.

#### ***Вопросы на допуск:***

1. Что называют статистическим критерием? Какие виды статистических критериев выделяют?
2. Какие типы задач может решать психолог при проведении исследования?
3. Охарактеризуйте задачу оценки достоверности различий в распределении признака.
4. Какие статистические критерии могут быть использованы при решении задачи данного типа?
5. Дайте характеристику основным видам распределения признака.
6. Чем определяется выбор статистического критерия при выявлении достоверности различий в распределении признака?

*Оборудование:* таблица «Данные для обработки» (Приложение 3).

#### ***Задания***

**Задание 1.** Установить достоверность различий при сопоставлении эмпирического распределения с теоретическим (равномерным) для данных примера 1 [1, С. 219] с помощью  $\chi^2$ -критерий Пирсона, реализованного в программе STATISTICA.

В эксперименте испытуемый должен выбрать здание на правом или левом столе. В инструкции подчеркивают, что задания на обоих столах одинаковы. Из 150 испытуемых правый стол выбрали 98 человек, а левый – 52. Можно ли утверждать, что полученное распределение отличается от равномерного?

**Задание 2.** Установить достоверность различий при сопоставлении двух эмпирических распределений, представленных в таблице размерности 2x2 для данных задачи №7 [1, С. 310] с помощью  $\chi^2$ -критерий Пирсона, реализованного в программе STATISTICA.

Исследователь предположил, что экстраверты чаще становятся начальниками, а интроверты довольствуются должностями подчиненных. Для

проверки предположения он собрал данные у 550 человек. Из 200 начальников 125 были экстравертами, а 75 – интровертами. Из 350 подчиненных 225 оказались экстравертами, а 125 – интровертами. С помощью  $\chi^2$ -критерия Пирсона определить, зависит ли занимаемая должность от направленности личности.

**Задание 3.** Установить достоверность различий при сопоставлении двух эмпирических распределений, представленных в таблице любой размерности для данных примера 3 [1, С. 222] с помощью  $\chi^2$ -критерий Пирсона, реализованного в программе STATISTICA.

Во время проведения социологического опроса старшеклассникам было предложено выбрать один из трех профилей обучения (математический, естественнонаучный, гуманитарный). Среди опрошенных были юноши и девушки. Результаты опроса сведены в таблицу кросс-табуляции размером 2x3. Отличаются ли распределения предпочтений профиля обучения у юношей и девушек?

Пол респондентов	Профиль обучения		
	математический	естественнонаучный	гуманитарный
Юноши	18	10	3
Девушки	10	9	15

**Задание 4.** Установить достоверность различий при сопоставлении двух эмпирических распределений (зависимые выборки), представленных в таблице размерности 2x2 с помощью  $\chi^2$ -критерий Мак-Немара, реализованного в программе STATISTICA.

Покупателям магазина бытовой техники дважды задавали вопрос о том, хотят ли они купить кухонный комбайн новой марки: до рекламы товара и после нее. Результаты опроса были следующие: 10 человек на первом этапе хотели купить комбайн, а на втором нет. 71 респондент на первом этапе планировал совершить покупку комбайна, а на втором нет. 74 опрошенных до рекламной акции не планировали покупать комбайн, а после рекламы хотели его приобрести. 45 человек не хотели совершать покупку ни на первом, ни на втором этапе опроса. Была ли реклама товара эффективной?



### Ход работы:

**Задание 1.** Воспользуемся  $\chi^2$ -критерием Пирсона для сравнения эмпирического распределения с равномерным. Для этого представим данные в виде таблицы, предварительно рассчитав теоретическую частоту:

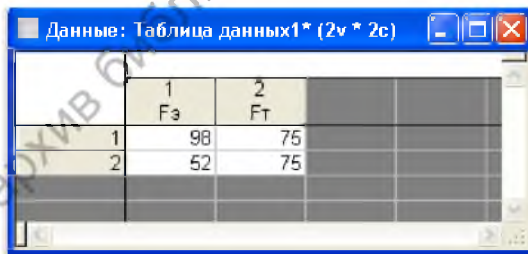
Альтернативы выбора стола	$f_o$	$f_T$
Правый	98	75
Левый	52	75
Сумма	150	150

1. Сформулируем статистические гипотезы.

$H_o$ : распределение выбора стола с заданием не отличается от равномерного.

$H_T$ : распределение выбора стола с заданием отличается от равномерного.

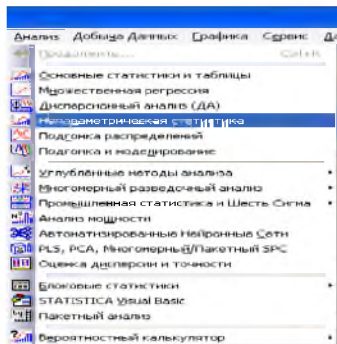
2. Зайти в программу STATISTICA. Задать нужное количество столбцов с помощью закладки «Переменные» и нужное количество строк с помощью закладки «Наблюдения». В нашем случае две переменных: первая – « $F_o$ », вторая – « $F_T$ » и 2 разряда. Затем внести данные для обработки:



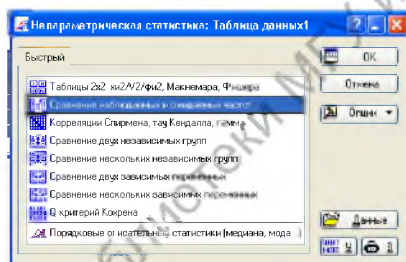
Данные: Таблица данных1\* (2v \* 2c)

	1 $F_o$	2 $F_T$		
1	98	75		
2	52	75		

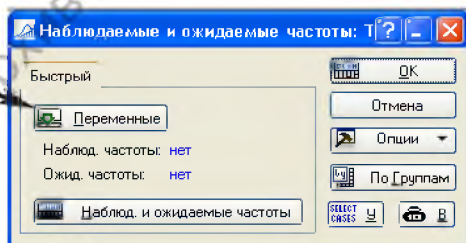
3. На верхней линейке выбрать закладку «Анализ», в выпавшем меню закладку «Непараметрическая статистика»:



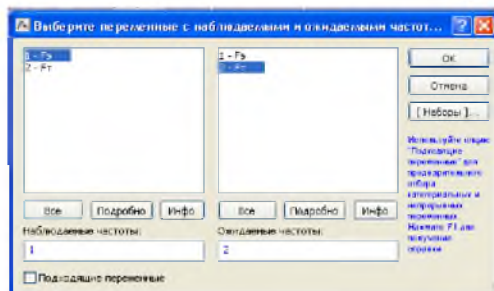
4. В выпавшем окне выбрать закладку «Сравнение наблюдаемых и ожидаемых частот»:



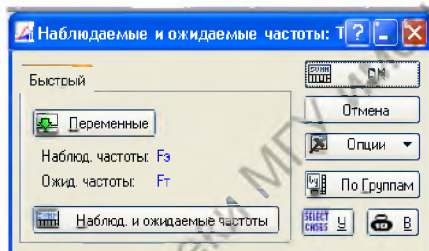
5. Задать переменные, затем нажать закладку «Ок»:



6. В выпавшем окне справа выбрать переменную «F<sub>3</sub>», слева – «F<sub>1</sub>»:



7. В выпавшем окне проверить правильность внесения переменных и нажать закладку «Ок»:



8. Получим таблицу, в которой представлены основные характеристики сравниваемых распределений. ВВЕРХУ таблицы показаны эмпирическое значение  $\chi^2_{\text{эмп}}$ , а также число степеней свободы (сс) и p-уровень значимости:

Наблюдаемые и Ожидаемые частоты (Таблица данных1)					
Хи-квадрат = 14,10667 сс = 1 p = ,000173					
Набл.	Наблюд. F3	Ожидаем. F1	Н - О	(Н-О)**2 / О	
С: 1	98,0000	75,0000	23,0000	7,05333	
С: 2	52,0000	75,0000	-23,0000	7,05333	
Сумма	150,0000	150,0000	0,0000	14,10667	

Поскольку уровень значимости  $p=0,000173$  (меньше, чем 0,05), то  $H_0$  отвергается, принимается гипотеза  $H_1$ , т.е. распределение выбора стола с заданием отличается от равномерного. Следовательно, респонденты чаще выбирают задания на правом столе (1).

**Задание 2.** Воспользуемся  $\chi^2$ - критерием Пирсона для сравнения двух эмпирических распределений. Для этого представим данные в виде таблицы размерностью 2х2:

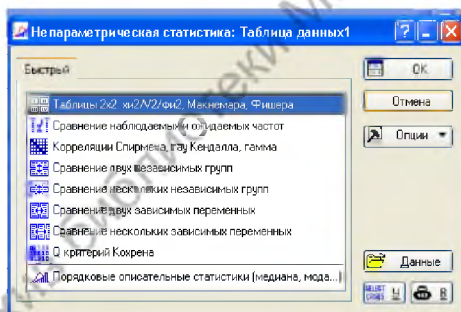
Наименование разрядов	Начальники	Подчиненные
Экстраверты	125	225
Интроверты	75	125

1. Сформулируем статистические гипотезы.

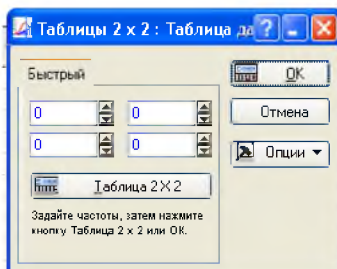
*H<sub>0</sub>: распределение начальников по направленности личности (экстраверт - интроверт) не отличается от распределения подчинённых.*

*H<sub>1</sub>: распределение начальников по направленности личности (экстраверт - интроверт) отличается от распределения подчинённых.*

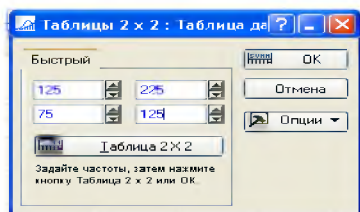
2. Зайти в программу STATISTICA. На верхней линейке выбрать закладку «Анализ», в выпавшем меню закладку «Непараметрическая статистика», а затем закладку «Таблицы 2х2 хи2/v2/фи2, Макнемара, Фишера»:



3. Задать переменные в таблице, которая по умолчанию имеет размер 2х2:



4. Заполнить таблицу, воспользовавшись исходной таблицей данных:



5. Проверить правильность внесения данных и нажать закладку «Ок». В полученной таблице представлены расчеты  $\chi^2$  - критерия Пирсона с поправкой Йетса, поскольку число степеней свободы (ст.св.) равно 1:

Таблица 2x2 (Таблица данных1)			
	Столб. 1	Столб. 2	Сумма строки
Частоты, строка 1	125	225	350
Процент от общего	22,727%	40,909%	63,636%
Частоты, строка 2	75	125	200
Процент от общего	13,636%	22,727%	36,364%
Сумма по столбцам	200	350	550
Процент от общего	36,364%	63,636%	
Хи-квадрат (ст.св.=1)	,18	p= ,6754	
Y-квадрат (ст.св.=1)	,18	p= ,6757	
Сумма квадратов	,11	p= ,7439	
Фи коэффициент	,00032		
Фишера p, односторонний		----	
двусторонний		----	
Макнемара Хи-квадрат (A/D)	,00	p= ,9496	
Хи-квадрат (B/C)	74,00	p= ,0000	

Поскольку уровень значимости  $p=0,7439$  (больше, чем  $0,05$ ), то принимается гипотеза  $H_0$ , т.е. распределение начальников по направленности личности (экстраверт - интроверт) не отличается от распределения подчинённых.

**Задание 3.** Воспользуемся  $\chi^2$  - критерием Пирсона для сравнения двух эмпирических распределений, заданных в таблице любой размерности.

Сформулируем статистические гипотезы:

$H_0$ : *распределения предпочтений профиля обучения у юношей и девушек не отличаются.*

$H_1$ : *распределения предпочтений профиля обучения у юношей и девушек отличаются.*

Для того чтобы воспользоваться  $\chi^2$ -критерием, необходимо преобразовать исходную таблицу данных в удобную для обработки:

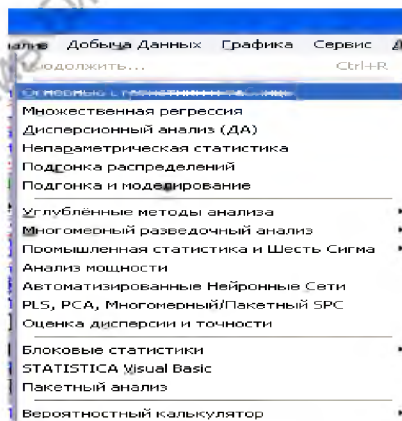
Пол	Профиль	f
Юноши	Математический	18
Юноши	Естественнонаучный	10
Юноши	Гуманитарный	3
Девушки	Математический	10
Девушки	Естественнонаучный	9
Девушки	Гуманитарный	15

2. Зайти в программу STATISTICA. Создать таблицу, в которой будет 3 переменных («Пол», «Профиль» и «Вес (Fэ)») и 6 столбцов. Для ввода данных использовать АНГЛИЙСКУЮ РАСКЛАДКУ:

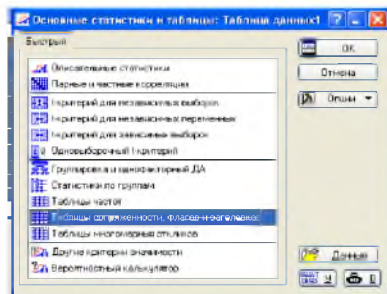
Данные: Таблица данных1\* (3v \* 6c)

	1	2	3	
	Пол	Профиль	Вес (Fэ)	
1	un	matem	18	
2	un	estestv	10	
3	un	gumanit	3	
4	dev	matem	10	
5	dev	estestv	9	
6	dev	gumanit	15	

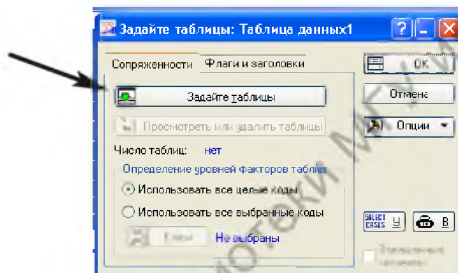
3. На верхней линейке выбрать закладку «Анализ», затем «Основные статистики и таблицы»:



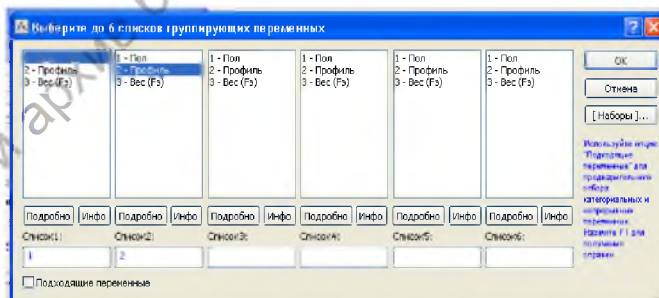
4. В выпавшем окне выбрать закладку «Таблицы сопряженности, флагов и заголовков»:



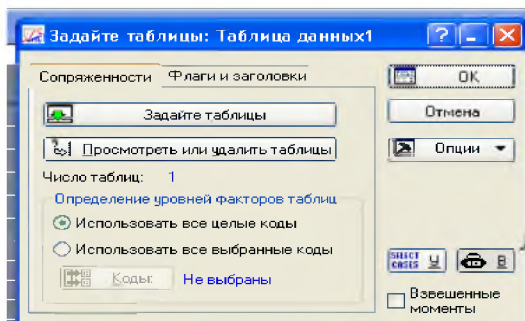
5. Выбрать закладку «Задать таблицы» для выбора переменных, которые нужно подвергнуть обработке:



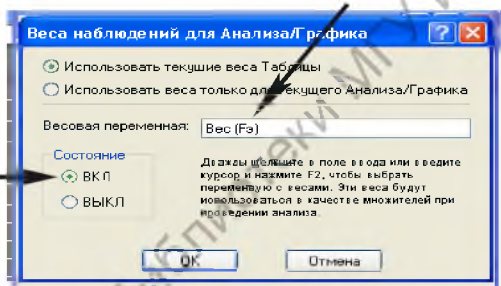
6. В выпавшем окне выбрать переменные: справа – «Пол», слева – «Профиль» и нажать «Ок»:



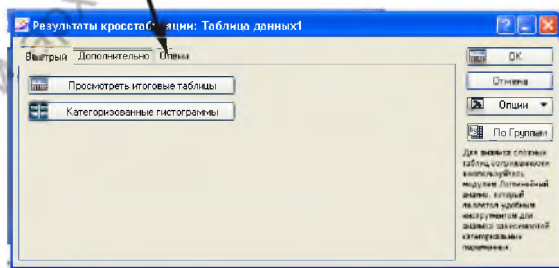
7. В выпавшем окне нажать кнопку с «гирькой» в правом нижнем углу:



8. В столбце «Состояние» выбрать «ВКЛ», в диалоговом окне «Весовая переменная» указать третью переменную «Вес (F<sub>3</sub>)» - эмпирическую частоту), нажать «Ок», и ЕЩЕ РАЗ «Ок»:

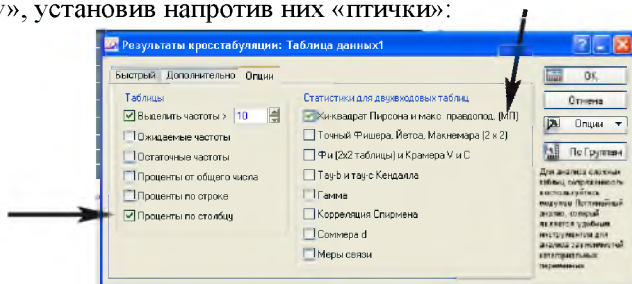


9. Зайти в закладку «Опции», которая расположена рядом с закладкой «Быстрый»:





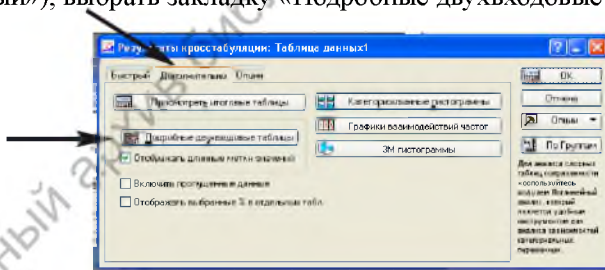
10. Выбрать необходимый критерий «Хи-квадрат Пирсона и макс. правдопод (МП)», а также способ группировки данных «Проценты по столбцу», установив напротив них «птички»:



11. Получим таблицу, в которой данные сгруппированы по столбцам и произведен подсчет соответствующих процентных долей:

Итоговая таблица частот (Таблица данных1) Частоты выделенных ячеек > 10 (Маргинальные суммы не отмечены)					
	Пол	Профиль matern	Профиль estestv	Профиль dumanit	Всего по стр.
Частота	un	18	10	3	31
% по столбцу		64,29%	52,63%	16,67%	
Частота	dev	10	9	15	34
% по столбцу		35,71%	47,37%	83,33%	
Частота	Всего	28	19	18	65

12. Вернувшись в закладку «Дополнительно» (рядом с закладкой «Быстрый»), выбрать закладку «Подробные двухвходовые таблицы»:

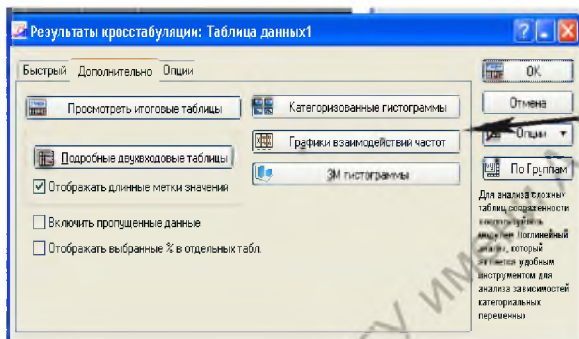


13. Получим таблицу с расчетами основных показателей  $\chi^2$ -критерия Пирсона (строка "Пирсона Хи-квадрат"): эмпирическое значение критерия, число степеней свободы (сс) и уровень значимости p.

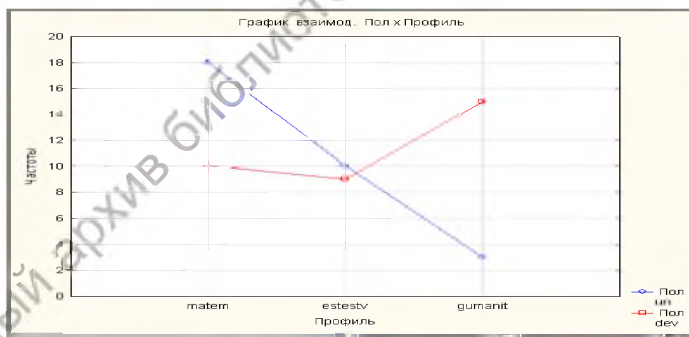
Статистики: Пол(2) x Профиль(3) (Таблица данных1)			
Статист.	Хи-квадрат	ст.св.	p
Пирсона Хи-квадрат	10,22166	сс=2	p=.00603
М-П Хи-квадрат	10,96511	сс=2	p=.00416

Поскольку уровень значимости  $p=0,00603$  (меньше 0,05), то  $H_0$  отвергается и принимается альтернативная гипотеза  $H_1$ : распределения предпочтений профиля обучения у юношей и девушек отличаются.

14. Чтобы выявить характер различий, нужно представить сравнимые распределения графически. Для этого вернувшись в закладку «Дополнительно», выбрать закладку «Графики взаимодействия частот»:



13. Получим график распределения частот, который можно интерпретировать. Юноши чаще выбирают математический профиль, в то время как девушки предпочитают гуманитарный:



**Задание 4.** Воспользуемся  $\chi^2_{M-N}$ -критерием Мак-Немара для сравнения двух эмпирических распределений ЗАВИСИМЫХ ВЫБОРОК. Для этого представим данные в виде таблицы размерностью  $2 \times 2$ :

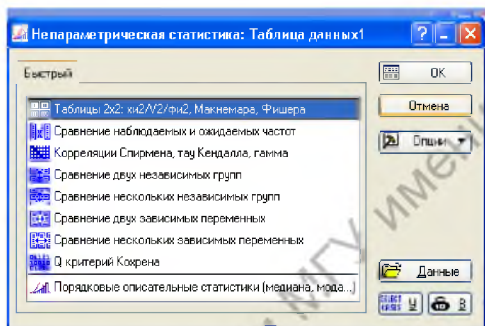
Результаты	«+»	«-»
«+»	a=10	b=71
«-»	c=74	d=45

1. Сформулируем статистические гипотезы.

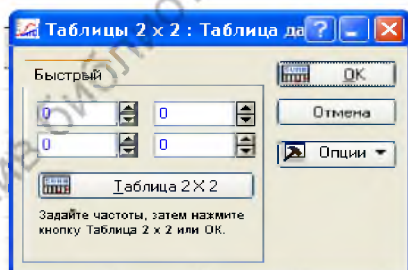
$H_0$ : доля лиц, изменивших свое мнение с «-» на «+» равна доле лиц, изменивших свое мнение с «+» на «-».

$H_1$ : доля лиц, изменивших свое мнение с «-» на «+» не равна доле лиц, изменивших свое мнение с «+» на «-».

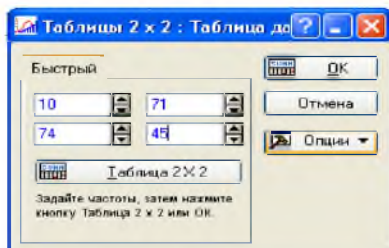
2. Зайти в программу STATISTICA. На верхней линейке выбрать закладку «Анализ», в выпавшем меню закладку «Непараметрическая статистика», а затем закладку «Таблицы 2x2  $\chi^2/v^2/\phi^2$ , Макнемара, Фишера»:



5. Задать переменные в таблице, которая по умолчанию имеет размер 2x2:



6. Заполнить таблицу, воспользовавшись исходной таблицей данных



7. Проверить правильность внесения данных и нажать закладку «Ок». В полученной таблице представлены расчеты  $\chi^2_{M-N}$  - критерия Мак-Немара.

	Таблица 2x2 (Таблица данных1)				
	Столб. 1	Столб. 2	Сумма строки		
Частоты, строка 1	10	71	81		
Процент от общего	5,000%	35,500%	40,500%		
Частоты, строка 2	74	45	119		
Процент от общего	37,000%	22,500%	59,500%		
Сумма по столбцам	84	116	200		
Процент от общего	42,000%	58,000%			
Хи-квадрат (ст.св.=1)	49,14	p=,0000			
У-квадрат (ст.св.=1)	48,90	p=,0000			
С поправкой Йетса	47,12	p=,0000			
Фи коэффициент	,24572				
Фишера p, односторонний		p=,0000			
двусторонний		p=,0000			
Макнемара Хи-квадрат (A/D)	21,02	p=,0000			
Хи-квадрат (B/C)	,03	p=,8681			

Поскольку уровень значимости  $p=0,0000$  (меньше, чем 0,05), то  $H_0$  отвергается и принимается альтернативная гипотеза  $H_1$ : доля лиц, изменивших свое мнение с «-» на «+» не равна доле лиц, изменивших свое мнение с «+» на «-».

### Индивидуальное задание

1. Перевести показатели выбранного субтеста в уровни (высокий, средний, низкий), разделив размах показателей на три части и подсчитав частоту попадания значений признака в каждую из них. Сравнить полученное эмпирическое распределение с равномерным с помощью программы STATISTICA:

- обосновать возможность использования критерия, проанализировав его ограничения;
- сформулировать статистические гипотезы;
- рассчитать основные показатели критерия, представив их в виде таблицы;
- представить результаты обработки статистических данных в виде графика;
- составить отчет.

2. Перевести показатели выбранного субтеста в уровни (высокий, средний, низкий). Сравнить эмпирическое распределение показателей субтеста у юношей с распределением показателей этого же субтеста у девушек с помощью программы STATISTICA:

- обосновать возможность использования критерия, проанализировав его ограничения;

зировав его ограничения;

б) сформулировать статистические гипотезы;

в) рассчитать основные показатели критерия, представив их в виде таблицы;

г) представить результаты обработки статистических данных в виде графика;

д) составить отчет.

### *Содержание отчета*

1. Для выбранного субтеста представить результаты статистической обработки, проведенной с помощью программы STATISTICA:

а) обоснование выбора статистического критерия, адекватного для имеющихся данных;

б) проверяемые статистические гипотезы;

в) расчеты основных показателей статистического критерия;

г) графическое представление результатов обработки данных с помощью статистического критерия.

2. Вывод о проверке статистических гипотез.

3. Дата выполнения лабораторной работы и подпись исполнителя.

## Лабораторная работа №6

### «Выявление степени согласованности изменений признаков»

**Цель:** научиться выявлять степень согласованности изменений признаков (корреляционную связь) с помощью разных статистических критериев, представленных в программе STATISTICA.

#### *Вопросы на допуск:*

1. Что называют статистическим критерием? Какие виды статистических критериев выделяют?
2. Какие типы задач может решать психолог при проведении исследования?
3. Охарактеризуйте задачу выявления степени согласованности изменений признаков (иерархий признаков).
4. Какие статистические критерии могут быть использованы при решении задачи данного типа?
5. Дайте характеристику корреляционной связи по направлению и форме.
6. Охарактеризуйте корреляционную связь по силе.
7. Чем определяется выбор статистического критерия при выявлении корреляционной связи?

**Оборудование:** таблица «Данные для обработки» (Приложение 3).

#### *Задания*

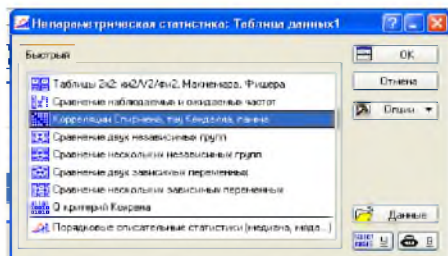
**Задание 1.** Установить характер корреляционной связи для данных примера 2 [1, С. 102] с помощью  $r$ -критерия Спирмена, реализованного в программе STATISTICA.

Продавец мороженого интересуется, есть ли связь между температурой воздуха и количеством пачек мороженого, купленных у него в ларьке. Данные, собранные в течение недели, представлены в таблице:

Дни недели	Температура воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ )	Количество купленных пачек мороженого
Понедельник	7	1
Вторник	4	3
Среда	13	5
Четверг	16	7
Пятница	10	9
Суббота	22	11
Воскресенье	19	13

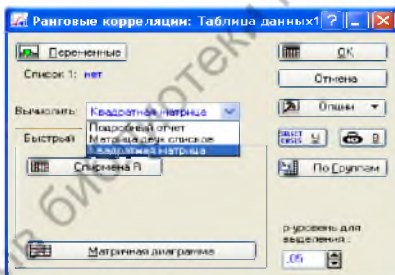


3. Нажав «Ок», совершить выбор критерия с помощью закладки «Корреляции Спирмена, тау Кендала, гамма»:

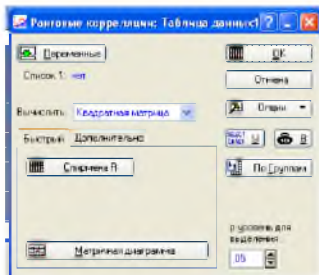


4. В выпавшем окне нужно задать переменные, нажав на одноименную закладку «Переменные», предварительно задав способ установления связи в диалоговом окне «Вычислить»:

- условие «Квадратная матрица» позволяет вычислить корреляцию между всеми переменными;
- условие «Матрица двух списков» дает возможность выбрать из списка переменных только пары признаков, корреляция между которыми важна для исследователя.

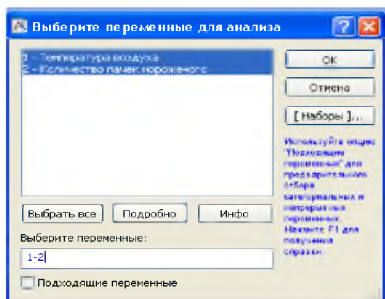


5. В нашем случае имеется только пара переменных, поэтому воспользуемся условием, которое задано по умолчанию «Квадратная матрица»:

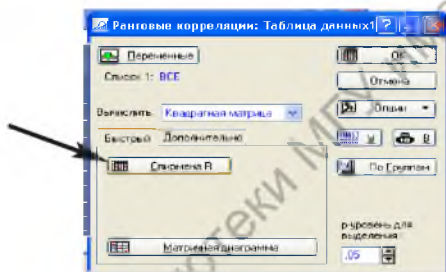




6. Выбрать переменные, между которыми нужно установить корреляционную связь, вписав их номера в нижнее окошко (1-2) или нажав на закладку «Выбрать все»:



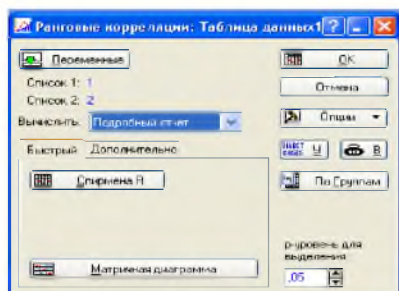
7. В выпавшем окне выберем закладку «Спирмена R»:



8. Получим квадратную матрицу для заданных переменных, в ячейках которой представлены коэффициенты корреляции между соответствующими переменными. Красным цветом выделены значимые коэффициенты корреляции:

Ранговые корреляции Спирмена (Таблица данных1) ПД попарно удалены Отмеченные корреляции значимы на уровне $p < 0,05000$				
Переменная	Температура воздуха	Количество пачек мороженого		
Температура воздуха	1,000000	0,821429		
Количество пачек мороженого	0,821429	1,000000		

9. Чтобы получить уровень значимости для вычисленного коэффициента корреляции, нужно вернуться в закладку «Вычислить» и в диалоговом окне выбрать закладку «Подробный отчет»:

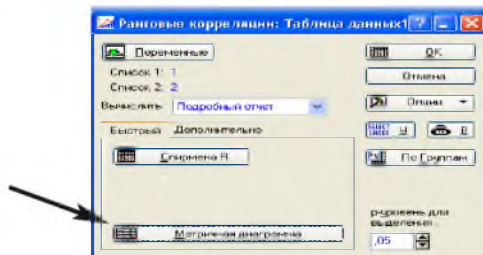


10. Нажав «Ок», получим таблицу, в которой представлены основные показатели критерия Спирмена (коэффициент корреляции и его уровень значимости):

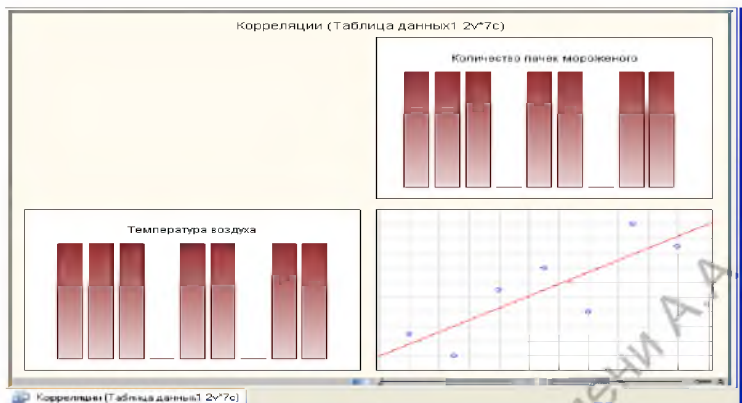
Ранговые корреляции Спирмена (Таблица данных1)	
РД попарно удалены	
Отмеченные корреляции значимы на уровне $p < .05000$	
Пара перемен.	Число набл.
Температура воздуха & Количество пачек мороженого	<div>Спирмена R</div> <div>1(N-2)</div> <div>p-уров.</div>
	<div>0,021429</div> <div>1,230644</div> <div>0,023449</div>

Поскольку уровень значимости  $p=0,0233449$  (меньше, чем 0,05), то нулевая гипотеза  $H_0$  отвергается и принимается гипотеза  $H_1$ , т.е. существует значимая корреляционная связь между температурой воздуха и количеством пачек мороженого, купленного в течение недели в ларьке. Эта связь положительная и сильная ( $r_{\text{спирмена}} > 0,70$ ): чем выше температура воздуха, тем больше пачек мороженого будет куплено в ларьке.

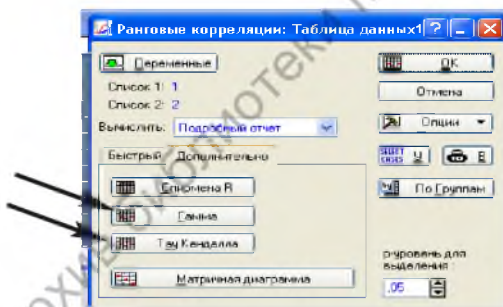
11. Для графического представления полученных результатов нужно вернуться во вкладку «Ранговая корреляция», расположенную в левом нижнем углу, выбрать закладку «Матричная диаграмма», расположенную внизу, нажать «Ок»:



12. В результате получим графическое представление данных, в правом нижнем углу которого представлена диаграмма рассеяния:



13. Если вернуться в предыдущее окно и зайти в закладку «Дополнительно», можно воспользоваться еще двумя критериями для вычисления ранговой корреляции: «Гамма» и «Тайл Кендалла»»



**Задание 2.** Воспользуемся  $\gamma_{xy}$ -критерия Пирсона.

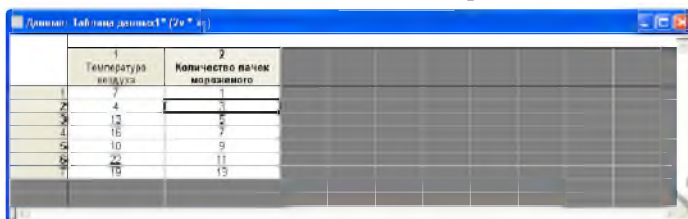
Сформулируем статистические гипотезы для данного критерия, которые будут аналогичны гипотезам предыдущего критерия:

$H_0$ : корреляция между температурой воздуха и количеством пачек мороженого, купленного в течение недели в ларьке, не отличается от нуля.

$H_1$ : корреляция между температурой воздуха и количеством пачек мороженого, купленного в течение недели в ларьке, отличается от нуля.

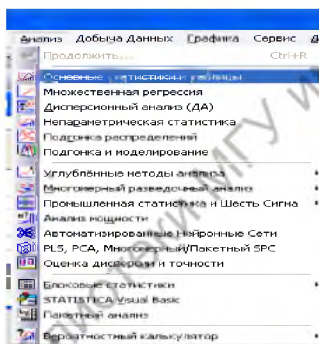
1. Зайти в программу STATISTICA. Задать нужное количество столбцов с помощью закладки «Переменные» и нужное количество строк с

помощью закладки «Наблюдения». В нашем случае 2 переменных: первая – «Температура воздуха», вторая – «Количество пачек мороженого» и 7 наблюдений. Затем внести данные для обработки:

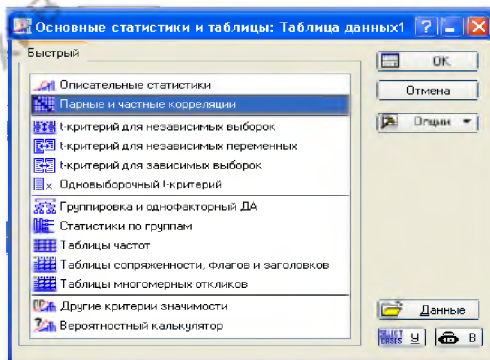


	1	2
	Температура воздуха	Количество пачек мороженого
1	7	1
2	4	2
3	13	6
4	16	7
5	10	9
6	20	11
7	19	13

2. На верхней линейке выбрать закладку «Анализ», в выпавшем меню закладку «Основные статистики и таблицы»:

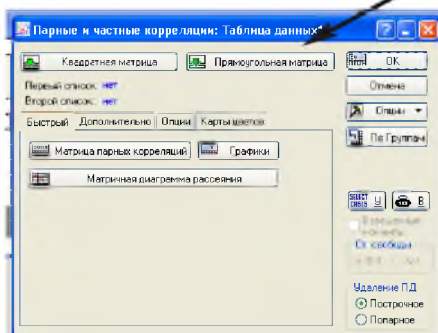


3. В выпавшем окне выбрать вкладку «Парные и частные корреляции». Нажать «ОК»:

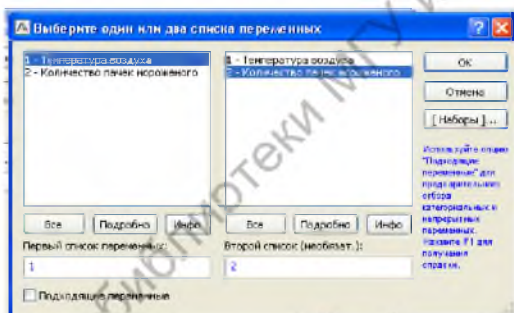


4. Если нужно вычислить корреляцию между всеми переменными, заходим в закладку «Квадратная матрица». Если из списка

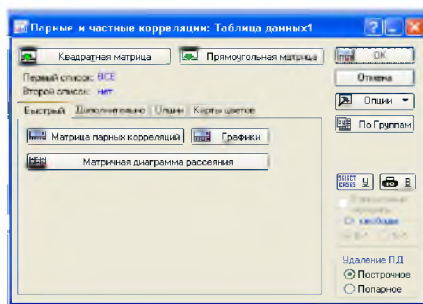
переменных нужно выбрать корреляцию между определенной парой переменных, выбираем закладку «Прямоугольная матрица»:



5. Воспользуемся закладкой «Прямоугольная матрица» в выпавшем диалоговом окне выбрать слева переменную «Температура воздуха», а справа «Количество пачек мороженого»:



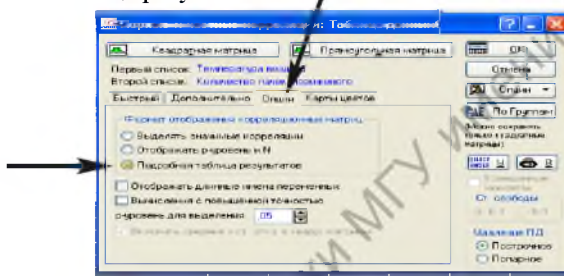
6. В выпавшем окне зайти в закладку «Прямоугольная матрица», нажать «Ок»:



7. Получим таблицу, в которой представлен коэффициент корреляции Пирсона. Поскольку он выделен красным цветом, то связь оказалась значимой ( $p \leq 0,05$ ):

Корреляции (Таблица данных1)	
Отмеченные корреляции значимы на уровне $p < 0,05000$	
N=7 (Построено удаление ПД)	
Переменная	Количество пачек мороженого
Температура воздуха	0,821429

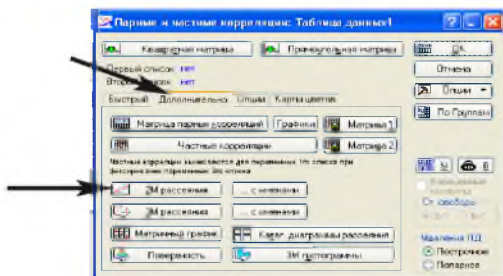
8. Чтобы получить уровень значимости для вычисленного коэффициента корреляции, нужно зайти в закладку «Опции», выбрав закладку «Подробная таблица результатов»:



9. Получим таблицу с расчетами основных показателей  $r_{xy}$ -критерия Пирсона (средние значения переменных, коэффициент корреляции, уровень значимости). Значимая корреляционная связь ( $p=0,023449$ ) выделена в таблице красным цветом:

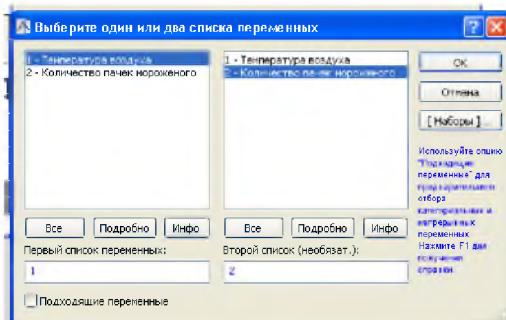
		Корреляции (Таблица данных1)										
		Отмеченные корреляции значимы на уровне $p < 0,05000$										
		(Построчное удаление ПД)										
Пер. X и Пер. Y		Среднее	Стд.откл.	$r(X,Y)$	$r^2$	t	p	N	Св.член завис. Y	Наклон завис. Y	среднее завис. X	Наклон завис. X
Температура воздуха		13,00000	6,480741									
Количество пачек мороженого		7,00000	4,320494	0,821429	0,674745	3,220644	0,023449	7	-0,119048	0,547619	4,376500	1,232143

10. Для графического представления данных возвращаемся в закладку «Дополнительно», выбираем «2М рассеяния»:

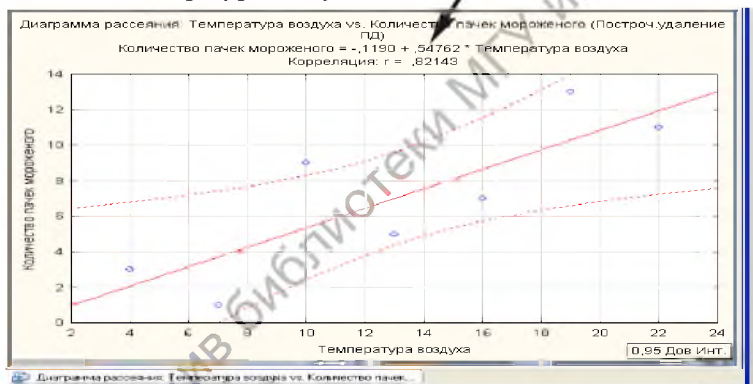




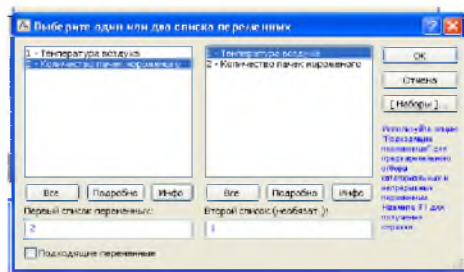
11. Задаем переменные: слева «Температура воздуха», справа «Количество пачек мороженого». Нажимаем «Ок».



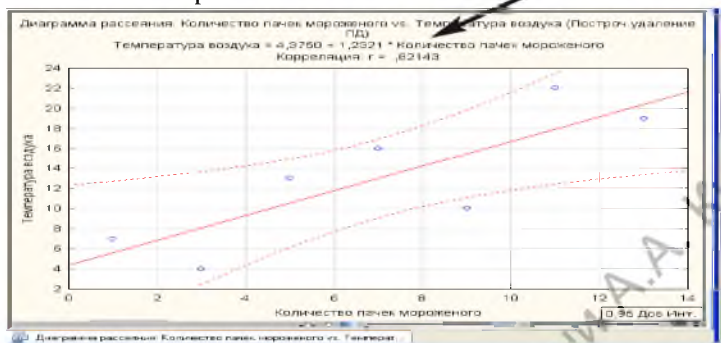
12. Получаем диаграмму рассеяния, а также линию регрессии и уравнение регрессии переменной «Количество пачек мороженого» по переменной «Температура воздуха»:



13. Поменяем местами переменные: слева «Количество пачек мороженого», справа «Температура воздуха». Нажимаем «Ок».



14. Получаем диаграмму рассеяния, а также линию регрессии и уравнение регрессии переменной «Температура воздуха» по переменной «Количество пачек мороженого»:



### Индивидуальное задание

1. Проанализировать характер корреляционной связи между показателями субтеста, заданного преподавателем, и показателями среднего балла их успеваемости (таблица «Данные для обработки») с помощью программы STATISTICA:

- а) обосновать выбор критерия, проанализировав форму эмпирического распределения и основные характеристики сравниваемых показателей;
- б) сформулировать статистические гипотезы;
- в) рассчитать основные показатели критерия, представив их в виде таблицы;
- г) представить результаты обработки статистических данных в виде графика;
- д) составить отчет.

### Содержание отчета

1. Для выбранного субтеста представить результаты статистической обработки, проведенной с помощью программы STATISTICA:

- а) обоснование выбора статистического критерия, адекватного для имеющихся данных;
  - б) проверяемые статистические гипотезы;
  - в) расчеты основных показателей статистического критерия;
  - г) графическое представление результатов обработки данных с помощью статистического критерия.
2. Вывод о проверке статистических гипотез.
  3. Дата выполнения лабораторной работы и подпись исполнителя.



## **Лабораторная работа №7**

### **«Анализ изменения признака под влиянием контролируемых условий: однофакторный дисперсионный анализ»**

**Цель:** научиться проводить однофакторный дисперсионный анализ для независимых и зависимых переменных с помощью программы STATISTICA.

#### ***Вопросы на допуск:***

1. Что называют статистическим критерием? Какие виды статистических критериев выделяют?
2. Какие типы задач может решать психолог при проведении исследования?
3. Охарактеризуйте задачу анализа изменения признака под влиянием контролируемых условий.
4. Какие виды дисперсионного анализа могут быть использованы при решении задачи данного типа?
5. Охарактеризуйте основные положения дисперсионного анализа.
6. Представьте однофакторный дисперсионный анализ для независимых выборок.
7. Охарактеризуйте однофакторный дисперсионный анализ для зависимых выборок.

*Оборудование:* таблица «Данные для обработки» (Приложение 3).

#### ***Задания***

**Задание 1.** Провести анализ изменения признака под влиянием контролируемых условий для данных примера 1 [1, С. 238] с помощью однофакторного дисперсионного анализа (ОДА) для независимых выборок, реализованного в программе STATISTICA.

Трем различным группам из шести испытуемых предъявляли десять слов с различной скоростью: первой группе – с низкой (1 слово в 5 с), второй группе – со средней (1 слово в 2 с), третьей группе – с высокой (1 слово в 1 с). Зависит ли количество воспроизведенных слов от скорости их предъявления? Количество воспроизведенных слов представлено в таблице:

№ п.п.	Группа 1 (низкая скорость)	Группа 2 (средняя скорость)	Группа 3 (высокая скорость)
1	8	7	4
2	7	8	5
3	9	5	3
4	5	4	6
5	6	6	2
6	8	7	4

**Задание 2.** Провести анализ изменения признака под влиянием контролируемых условий для данных примера 1 [1, С. 242] с помощью однофакторного дисперсионного анализа (ОДА) для зависимых выборок, реализованного в программе STATISTICA.

Группа из пяти испытуемых была обследована с помощью трех экспериментальных заданий, направленных на изучение интеллектуальной настойчивости. Каждому испытуемому последовательно предъявлялись три одинаковые анаграммы: четырехбуквенная, пятибуквенная, шестибуквенная. Можно ли утверждать, что фактор длины анаграммы влияет на длительность попыток ее решения? Длительность попыток решения анаграмм (в секундах) представлена в таблице:

№ п.п.	Условие 1 (четырёхбуквенная анаграмма)	Условие 2 (пятибуквенная анаграмма)	Условие 3 (шестибуквенная анаграмма)
1	5	235	7
2	7	604	20
3	2	93	5
4	2	171	8
5	35	141	7

#### *Ход работы:*

**Задание 1.** Воспользуемся ОДА для независимых выборок.

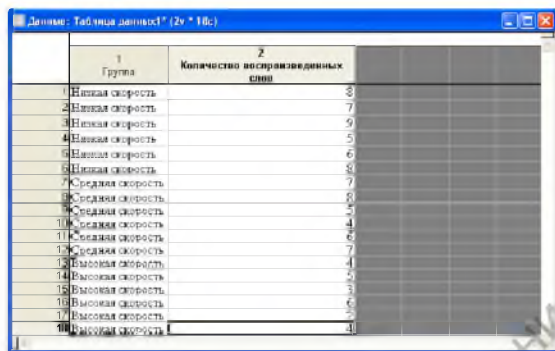
Сформулируем статистические гипотезы для данного критерия:

$H_0$ : различия в объеме воспроизведенных слов между группами являются не более выраженными, чем случайные различия внутри каждой группы.

$H_1$ : различия в объеме воспроизведенных слов между группами являются более выраженными, чем случайные различия внутри каждой группы.

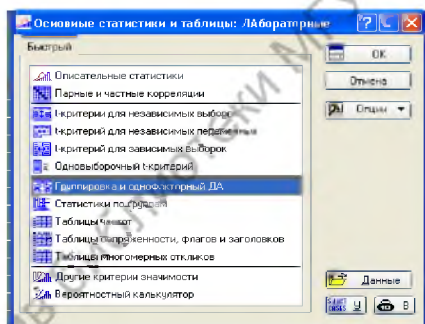
1. Зайти в программу STATISTICA. Задать нужное количество столбцов с помощью закладки «Переменные» и нужное количество строк с

помощью закладки «Наблюдения». В нашем случае 2 переменных: первая – «Количество воспроизведенных слов», вторая – «Группа», и 18 наблюдений. Затем внести данные для обработки:

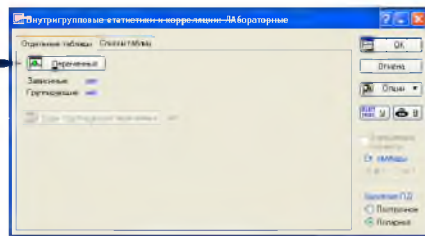


1	2
Группа	Количество воспроизведенных слов
1	3
2	4
3	5
4	6
5	7
6	8
7	9
8	10
9	11
10	12
11	13
12	14
13	15
14	16
15	17
16	18
17	19
18	20

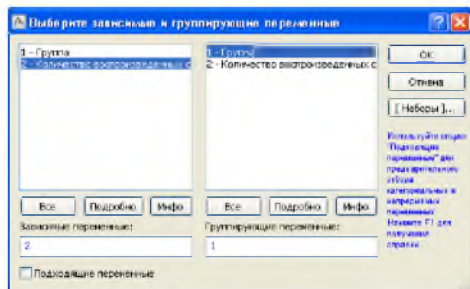
2. Зайти в закладку «Анализ», выбрать «Основная статистика/Таблицы», затем «Группировка и однофакторный ДА». Затем нажать «Ок»



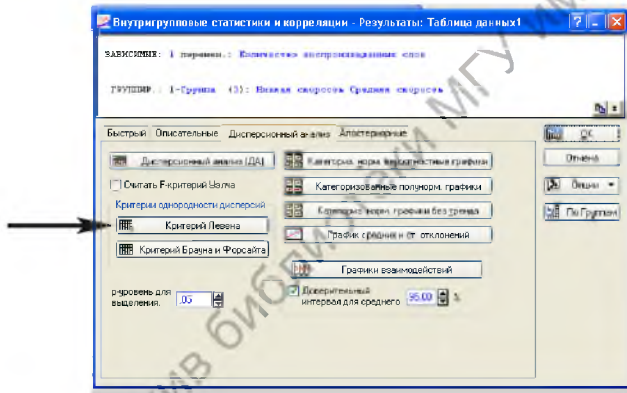
3. В выпавшем окне выбрать закладку «Переменные»:



4. Слева задать ЗАВИСИМУЮ переменную «Количество воспроизведенных слов», справа – НЕЗАВИСИМУЮ «Группа»:



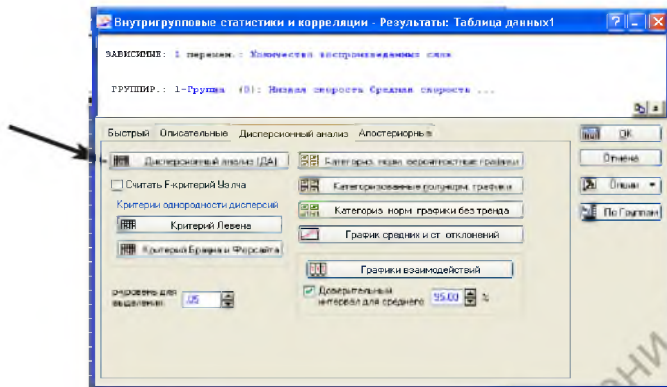
5. Нажать «Ок» и выпавшем окне выбрать закладку «Дисперсионный анализ», который позволит провести проверку равенства дисперсий в сравниваемых выборках. Выбрать закладку "Критерий Левена":



6. В полученной таблице проанализировать уровень значимости критерия: если  $p > 0,05$ , то дисперсии сравниваемых выборок не отличаются, и можно применять дисперсионный анализ. В нашем случае  $p = 0,915067$ , т.е. ОДА применим.

Критерий Левена однородности дисперсий (Лабораторные)								
Отмечены эффекты, значимые на уров. $p < .05000$								
Переменная	Сум.кв.ад. эффект	Ст. св. эффект	Ср. кв.ад. эффект	Сум.кв.ад. ошибки	Ст. св. ошибки	Ср.кв.ад. ошибки	F	p
Объем воспроизведенных слов	0.111111	2	0.055556	9.333333	15	0.622222	0.089286	0.915067

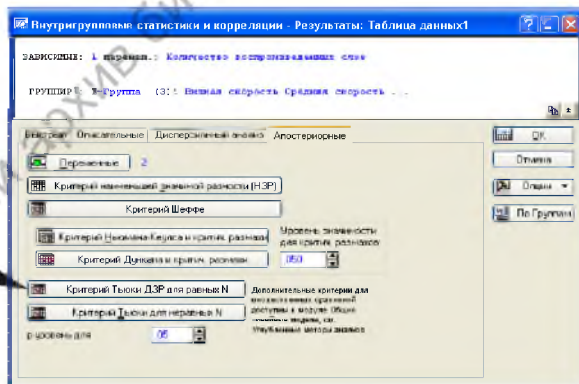
7. Возвратиться в предыдущую закладку и выбрать «Дисперсионный анализ (ДА)»:



8. Получим таблицу расчетов основных показателей ОДА для независимых выборок:

Переменная	Дисперсионный анализ (Таблица данных1) Отмечены эффекты, значимые на уровне $p < .05000$							
	Сум. квадрат эффект	Сред. квадрат эффект	Сред. квадрат ошибки	Сум. квадрат ошибки	Сред. квадрат ошибки	Сред. квадрат ошибки	F	p
Количество воспроизведенных слов	31.44444	2	15.72222	31.66667	16	2.111111	7.447368	0.006672

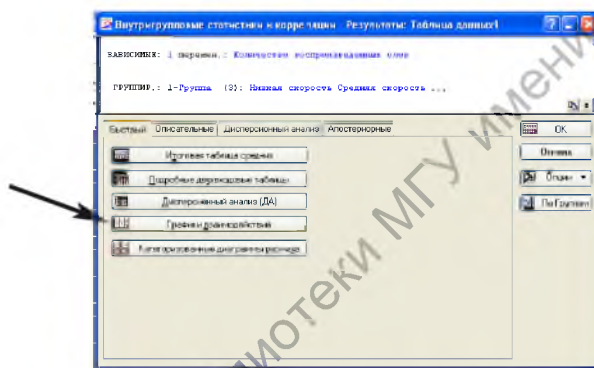
9. Для выявления различий между каждой парой сравниваемых выборок возвратиться в предыдущее окно и выбрать закладку «Апостериорные», а в ней «Критерий Тьюки ДЗР для равных N»:



10. Получим таблицу, анализ которой позволяет установить, что достоверные различия существуют только между 1 группой (низкая скорость предъявления слов) и 3 группой (средняя скорость предъявления слов):

		Крит.Тьюки ДЗР; Перемен.: Количество воспроизведенных слов (Таблица данных1) Отмечены различия, значимые на уровне $p < ,05000$					
Группа	{1}	{2}	{3}				
	M=7,1667	M=6,1667	M=4,0000				
Низкая скорость {1}		0,475759	0,005023				
Средняя скорость {2}	0,475759		0,051529				
Высокая скорость {3}	0,005023	0,051529					

11. Для графического представления данных нужно вернуться в закладку «Быстрый» и выбрать «Графики взаимодействий»:



12. Получим график, который можно проинтерпретировать с помощью вычисленных ранее показателей:



**Задание 2.** Воспользуемся ОДА для зависимых выборок.

Сформулируем два комплекта статистических гипотез для данного критерия:

*Комплект 1.*

*Гипотезы по фактору А*

$H_{0A}$ : различия в длительности попыток решения анаграмм разной длины являются не более выраженными, чем различия, обусловленные случайными причинами.

$H_{1A}$ : различия в длительности попыток решения анаграмм разной длины являются более выраженными, чем различия, обусловленные случайными причинами.

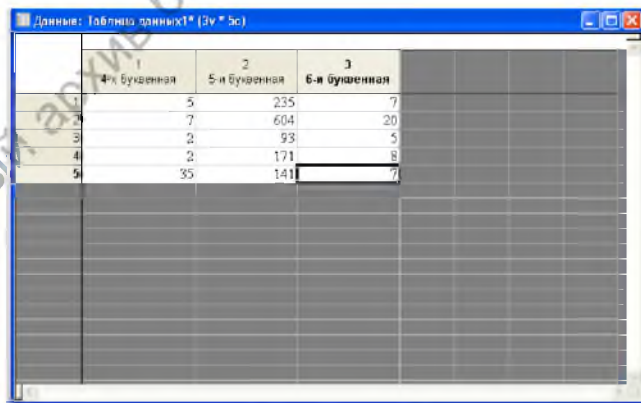
*Комплект 2:*

*Гипотезы по фактору индивидуальных различий*

$H_{0И}$ : индивидуальные различия между испытуемыми являются не более выраженными, чем различия, обусловленные случайными причинами.

$H_{1И}$ : индивидуальные различия между испытуемыми являются более выраженными, чем различия, обусловленные случайными причинами.

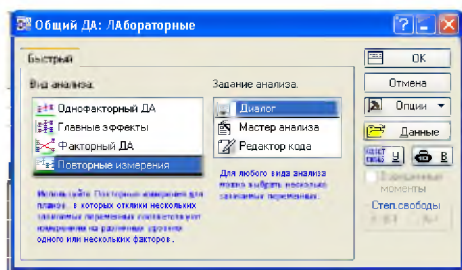
1. Зайти в программу STATISTICA. Задать нужное количество столбцов с помощью закладки «Переменные» и нужное количество строк с помощью закладки «Наблюдения». Количество переменных соответствует количеству замеров (в нашем случае 3), количество наблюдений равно количеству испытуемых (в нашем случае 5). Затем внести данные для обработки:



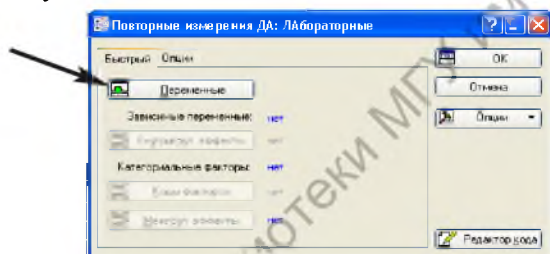
Данные: Таблица данных1\* (3v \* 5c)

	1	2	3
	4-я буквенная	5-я буквенная	6-я буквенная
1	5	235	7
2	7	604	20
3	2	93	5
4	2	171	8
5	35	141	7

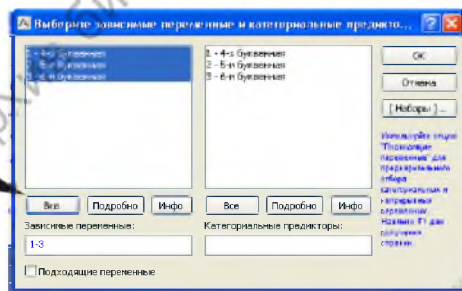
2. Зайти в закладку «Анализ», затем на верхней линейке выбрать «Дисперсионный анализ (ДА)». В выпавшем диалоговом окне выбрать закладку «Повторные измерения» (слева) и «Диалог» (справа). Нажать «Ок».



3. Получим окно, в котором нужно задать переменные с помощью соответствующей закладки:

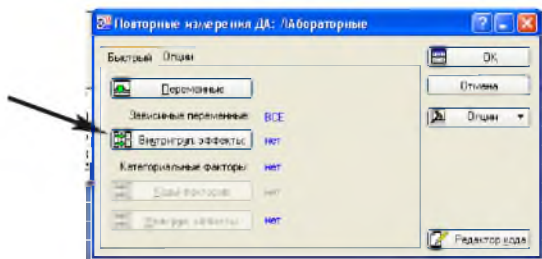


4. В левом окне задаем переменные, нажав закладку «Все»:

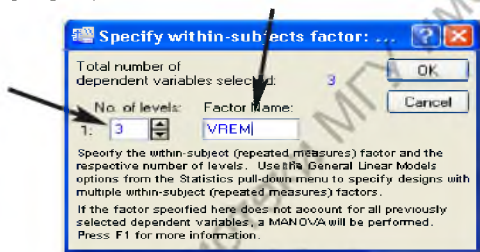




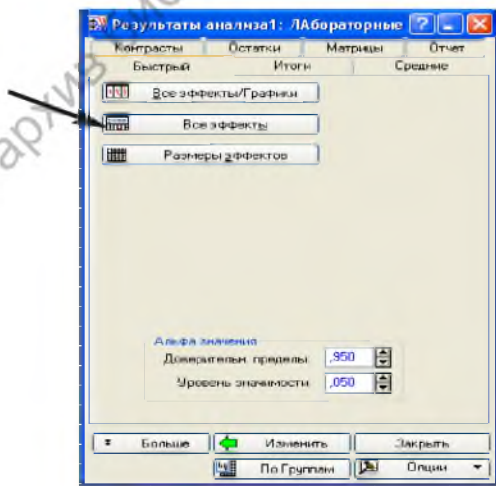
5. Нажав «Ок», попадаем в предыдущее окно, в котором становится активной закладка «Внутригрупп эффекты». Заходим в нее:



6. Получаем диалоговое окно, в котором нужно задать количество замеров – 3 (в левой ячейке) и с АНЛИЙСКОЙ РАСКЛАДКИ название зависимой переменной – время решения анаграммы (VREM). Нажимаем «Ок» и ЕЩЕ РАЗ «Ок»:



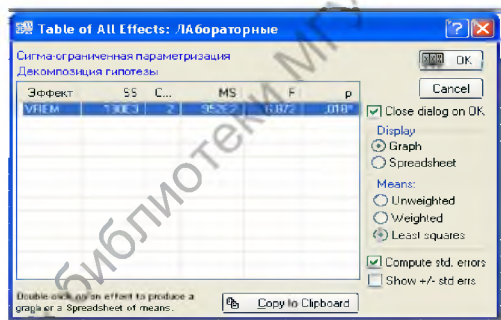
7. В выпавшем окне нужно выбрать закладку «Все эффекты»:



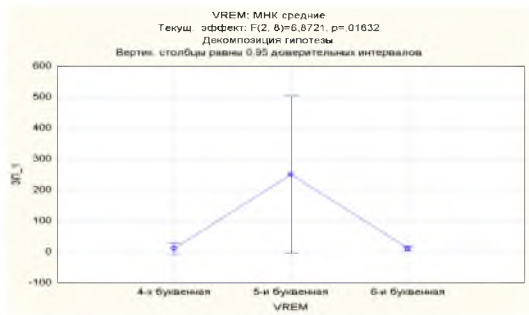
8. Получим таблицу, в которой представлены основные статистические показатели ОДА в случае зависимых выборок. Анализируем только ее нижнюю часть, отражающую показатели рассматриваемого фактора (VREM):

Дисперсионный анализ с повторными измерениями (Лабораторные)					
Сигма-ограниченная параметризация					
Декомпозиция гипотезы					
Эффект	SS	Степени свободы	MS	F	p
Св. член	120064,3	1	120064,3	8,222303	0,045585
Ошибка	58409,1	4	14602,3		
VREM	190404,9	2	95202,5	6,872104	0,018323
Ошибка	110827,7	8	13853,5		

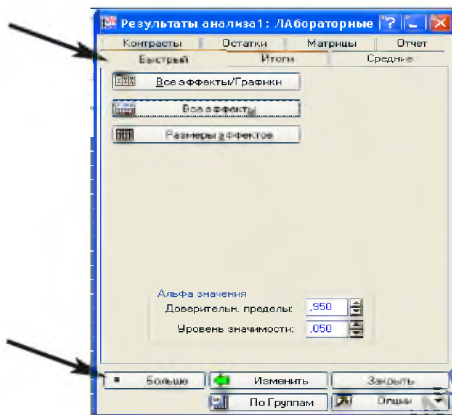
9. Для графического представления данных нужно вернуться в предыдущее окно и выбрать закладку «Все эффекты/Графики». По умолчанию зависимая переменная уже выбрана «VREM». Нажимаем «Ок»:



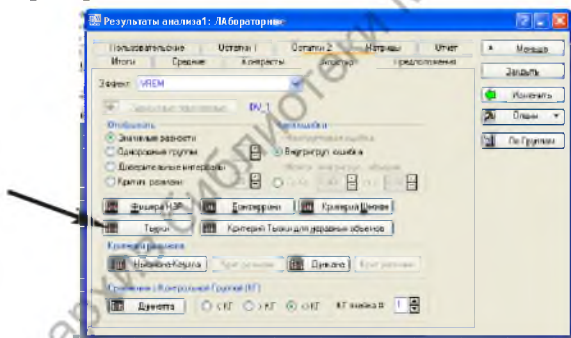
10. Получим рисунок, вверху которого отражены основные показатели ОДА (значения критерия, число степеней свободы и уровень значимости анализируемого фактора):



11. Для выявления различий между каждой парой замеров воспользуемся апостериорным критерием. Для этого нужно вернуться в закладку «Быстрый», ВНИЗУ зайти в закладку «Больше»:



12. В выпавшем окне выбрать нужный апостериорный критерий. Например, критерий Тьюки:



13. Получим следующую таблицу, в которой статистически значимые различия выделены красным цветом. В нашем случае достоверные различия существуют между временем решения 5-и буквенной и 4-х буквенной анаграммы, а также между временем решения 5-и буквенной и 6-и буквенной анаграммы:

		Крит. Тьюки ДЗР; парем. DV_1 (Лабораторные)				
		Приближенные вероятности для апостер. критериев				
		Ошибка: Внутр. MS = 13853, сс = 8,0000				
	VREM	(1)	(2)	(3)		
		10,200	240,80	9,4000		
1	4-х буквенная		0,030186	0,999943		
2	5-и буквенная	0,030186		0,029716		
3	6-и буквенная	0,999943	0,029716			

### **Индивидуальное задание**

1. С помощью однофакторного дисперсионного анализа проанализировать различия между показателями субтеста, заданного преподавателем, по фактору «пол» (таблица «Данные для обработки») с помощью программы STATISTICA:

- а) обосновать выбор вида дисперсионного анализа;
- б) сформулировать статистические гипотезы;
- в) рассчитать основные показатели критерия, представив их в виде таблицы;
- г) представить результаты обработки статистических данных в виде графика;
- д) составить отчет.

### ***Содержание отчета***

1. Для выбранного субтеста представить результаты статистической обработки, проведенной с помощью программы STATISTICA:

- а) обоснование выбора статистического критерия, адекватного для имеющихся данных;
- б) проверяемые статистические гипотезы;
- в) расчеты основных показателей статистического критерия;
- г) графическое представление результатов обработки данных с помощью статистического критерия.

2. Вывод о проверке статистических гипотез.

3. Дата выполнения лабораторной работы и подпись исполнителя.

## **Лабораторная работа №8**

### **«Анализ изменения признака под влиянием контролируемых условий: двухфакторный дисперсионный анализ»**

**Цель:** научиться проводить двухфакторный дисперсионный анализ для независимых и зависимых выборок с помощью программы STATISTICA.

#### *Вопросы на допуск:*

1. Что называют статистическим критерием? Какие виды статистических критериев выделяют?
2. Какие типы задач может решать психолог при проведении исследования?
3. Охарактеризуйте задачу анализа изменения признака под влиянием контролируемых условий.
4. Какие виды дисперсионного анализа могут быть использованы при решении задачи данного типа?
5. Охарактеризуйте основные положения дисперсионного анализа.
6. Представьте двухфакторный дисперсионный анализ для независимых выборок.
7. Охарактеризуйте двухфакторный дисперсионный анализ для зависимых выборок.

*Оборудование:* таблица «Данные для обработки» (Приложение 3).

#### *Задания*

**Задание 1.** Провести анализ изменения признака под влиянием контролируемых условий для данных примера 3 [1, С. 246] с помощью двухфакторного дисперсионного анализа (ДДА) для независимых выборок, реализованного в программе STATISTICA.

Четырем группам, в каждой из которых было по четыре испытуемых, с разной скоростью предъявлялись списки из десяти слов разной длины: группе 1 – короткие слова с большой скоростью; группе 2 – короткие слова с медленной скоростью; группе 3 – длинные слова с большой скоростью; группе 4 – длинные слова с медленной скоростью. Можно ли утверждать, что количество воспроизводимых испытуемыми слов зависит от длины слов и скорости их предъявления? Количество воспроизведенных слов представлены в таблице:

Скорость предъявления слов:	Длина слов:	
	короткие	длинные
большая	9	5
	8	3
	6	3
	7	4
малая	4	7
	3	5
	3	6
	5	7

**Задание 2.** Провести анализ изменения признака под влиянием контролируемых условий для данных примера 4 [1, С. 251] с помощью двухфакторного дисперсионного анализа (ДДА) для зависимых выборок, реализованного в программе STATISTICA.

В выборке курсантов военного училища измерялась способность к удержанию физического волевого усилия на динамометре. Испытуемым предлагалось выдерживать на динамометре мышечное усилие левой и правой рукой, равное 1/2 максимальной мышечной силы данной руки, вначале наедине с экспериментатором, а затем в парном соревновании в присутствии группы сокурсников. Можно ли утверждать, что правая рука более «социальна»? Подтверждается ли предположение о том, что условия проведения исследования (наедине с экспериментатором – в присутствии группы) влияют на продолжительность удержания волевого усилия? Длительность удержания усилия (сек/10) и промежуточные расчеты представлены в таблице.

Условия проведения исследования:	Рука:			
	№ п.п.	правая	№ п.п.	левая
вне группы	1	11	1	10
	2	13	2	11
	3	12	3	8
	4	9	4	10
в группе	1	15	1	10
	2	14	2	10
	3	8	3	5
	4	7	4	8

### *Ход работы:*

**Задание 1.** Воспользуемся ДДА для независимых выборок. Пусть фактор  $A$  – длина предъявляемых слов, фактор  $B$  – скорость предъявления слов. Сформулируем статистические гипотезы:

#### *Комплект 1*

##### *Гипотезы по фактору $A$ :*

$H_{0A}$ : различия в количестве воспроизводимых испытуемыми слов, обусловленные длиной слов, являются не более выраженными, чем случайные различия.

$H_{1A}$ : различия в количестве воспроизводимых испытуемыми слов, обусловленные длиной слов, являются более выраженными, чем случайные различия.

#### *Комплект 2*

##### *Гипотезы по фактору $B$ :*

$H_{0B}$ : различия в количестве воспроизводимых испытуемыми слов, обусловленные скоростью их предъявления, являются не более выраженными, чем случайные различия.

$H_{1B}$ : различия в количестве воспроизводимых испытуемыми слов, обусловленные скоростью их предъявления, являются более выраженными, чем случайные различия.

#### *Комплект 3*

##### *Гипотезы по взаимодействию факторов $A$ и $B$ :*

$H_{0AB}$ : влияние длины предъявленных слов на количество воспроизведенных испытуемыми слов одинаково при разной скорости их предъявления и наоборот, влияние скорости предъявления слов на количество воспроизведенных испытуемыми слов одинаково при предъявлении слов разной длины.

$H_{0AB}$ : влияние длины предъявленных слов на количество воспроизведенных испытуемыми слов не одинаково при разной скорости их предъявление и наоборот, влияние скорости предъявления слов на количество воспроизведенных испытуемыми слов не одинаково при предъявлении слов разной длины.

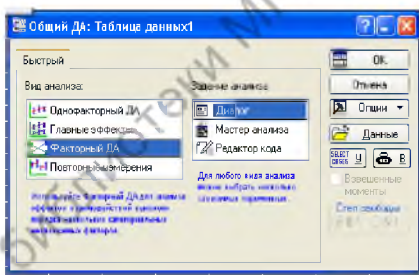
1. Зайти в программу STATISTICA. Задать нужное количество столбцов с помощью закладки «Переменные» и нужное количество строк с помощью закладки «Наблюдения». В нашем случае 2 независимых переменных (фактора): первая – «Скорость предъявления», вторая

– «Длина слов» и одна зависимая переменная (результативный признак) «Количество слов», а также 16 наблюдений. Внести данные для обработки:

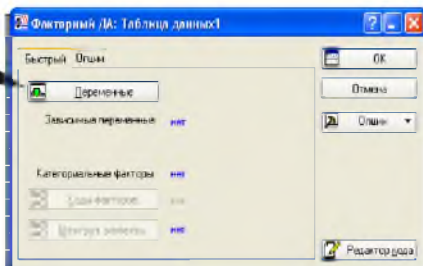
Данные: Таблица данных1\* (3v \* 16c)

	1 Скорость предъявления	2 Длина слов	3 Количество слов
1	Большая	Короткие	9
2	Большая	Короткие	8
3	Большая	Короткие	6
4	Большая	Короткие	7
5	Большая	Длинные	5
6	Большая	Длинные	3
7	Большая	Длинные	3
8	Большая	Короткие	4
9	Малая	Короткие	3
10	Малая	Короткие	3
11	Малая	Короткие	3
12	Малая	Короткие	5
13	Малая	Длинные	7
14	Малая	Длинные	5
15	Малая	Длинные	6
16	Малая	Длинные	2

2. Зайти в закладку «Анализ», выбрать «Дисперсионный анализ (ДА)». В новом окне выбрать заданные по умолчанию «Факторный ДА» и «Диалог». Затем нажать «Ок»:

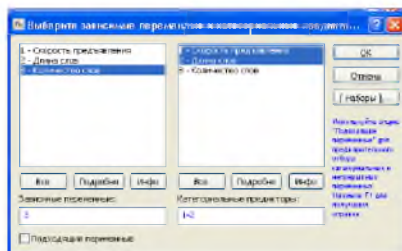


3. В выпавшем окне выбрать закладку «Переменные»:

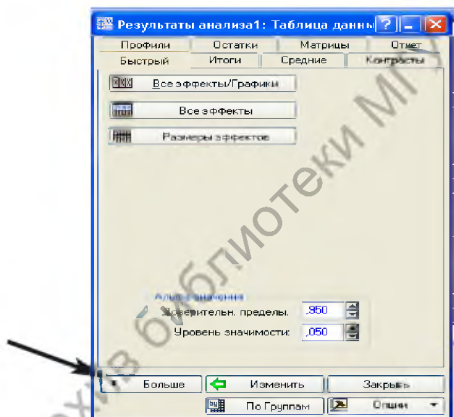




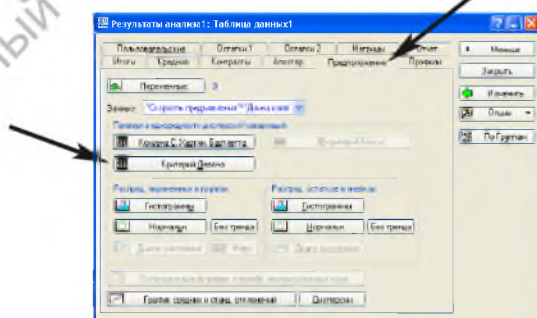
4. Справа задать обе независимые переменные «Скорость предъявления» и «Длина слов», слева – зависимую переменную «Количество слов»:



5. Нажать «Ок» и выпавшем окне выбрать закладку «Больше», расположенную ВНИЗУ слева, для последующей проверки равенства дисперсий в сравниваемых выборках и возможности применения ДДА для независимых выборок:



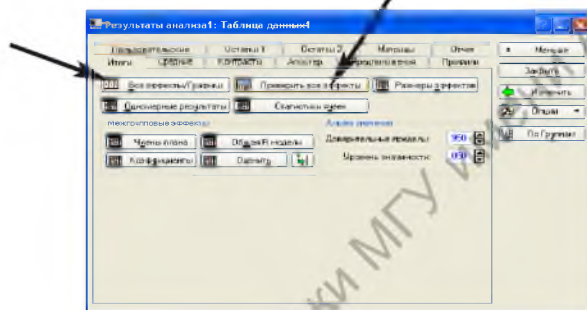
6. Выбрать закладку «Предположения», затем «Критерий Левена».



7. В полученной таблице проанализировать уровень значимости критерия: если  $p > 0,05$ , то дисперсии сравниваемых выборок не отличаются, и можно применять дисперсионный анализ. В нашем случае  $p=0,824804$ , т.е. ДДА применим.

Критерий Левена однородности дисперсий (Таблица данных1) Эффект: "Скорость предъявления" * "Длина слов" Степени свободы для всех F: 3, 12					
	MS	MS	F	p	
Эффект	Ошибка				
Количество слов	0,062500	0,208333	0,300000	0,824804	

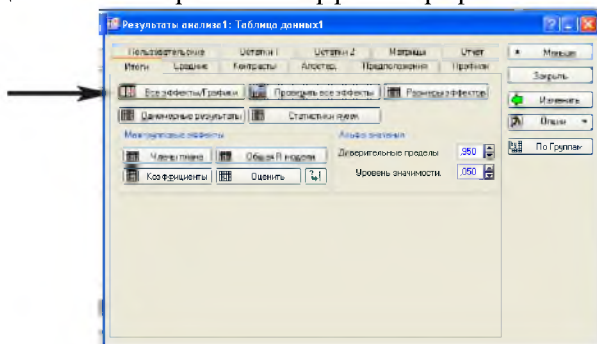
8. Возвратившись в предыдущее окно, выбрать закладку «Итоги», а в ней «Проверить все эффекты», затем «Ок»:



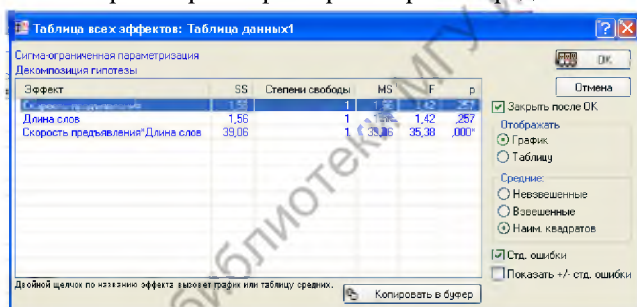
9. Получим таблицу расчетов основных показателей ДДА для независимых выборок. Интерпретируем ее: достоверные различия выявлены только по взаимодействию факторов «Скорость предъявления» и «Длина слов».

Одномерный критерий значимости дляКоличество слов (1 Сигма-ограниченная параметризация Декомпозиция гипотезы					
Эффект	SS	Степени свободы	MS	F	p
Св. член	451,5625	1	451,5625	408,9623	0,000000
Скорость предъявления	1,5625	1	1,5625	1,4151	0,257217
Длина слов	1,5625	1	1,5625	1,4151	0,257217
Скорость предъявления*Длина слов	39,0625	1	39,0625	35,3774	0,000067
Ошибка	13,2500	12	1,1042		

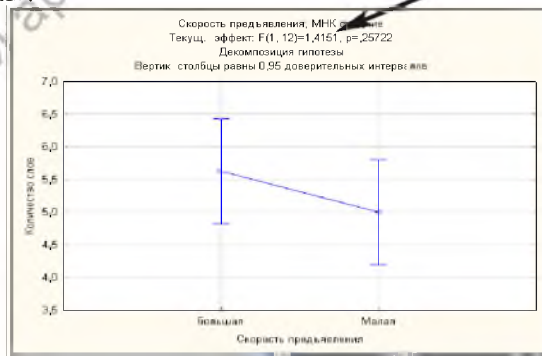
10. Для графического представления данных нужно вернуться в предыдущее окно и выбрать «Все эффекты/Графики»:



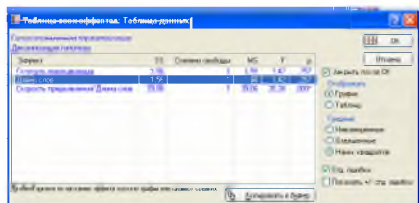
11. В полученной таблице зададим независимую переменную, воздействие которой на зависимую переменную можно представить графически. Выберем первый фактор «Скорость предъявления»:



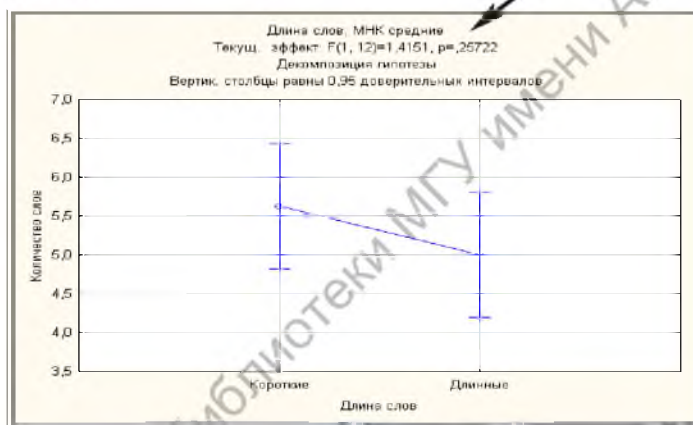
12. Получим график, в верхней части которого представлены основные показатели дисперсионного анализа по фактору «Скорость предъявления»:



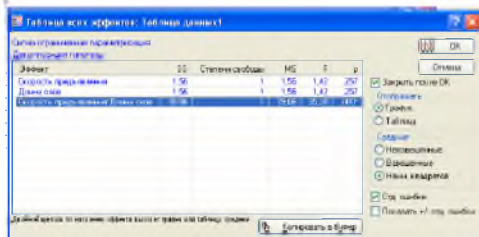
13. Возвратившись в предыдущее окно, выберем фактор «Длина слов».



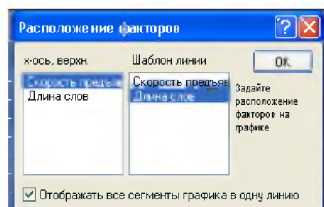
14. Получим следующий график, в верхней части которого представлены основные показатели дисперсионного анализа по фактору «Длина слов»:



15. Возвратившись в предыдущее окно, выберем взаимодействие факторов «Скорость предъявления» и «Длина слов»:



16. Получим диалоговое окно, в котором можно самостоятельно задать расположение переменных по осям ОХ и ОУ. Выберем, например, по оси ОХ переменную «Длина слов», а по оси ОУ переменную «Скорость предъявления»:



17. Получим следующий график, на котором представлены результаты ДДА по взаимодействию факторов «Скорость предъявления» и «Длина слов»:



Результаты анализа1: Таблица данных

Профили    Остатки    Матрицы    Отчет

Быстрый    Итоги    Средние    Контрасты

Все эффекты/Графики

Все эффекты

Размеры эффектов

Альфа значения

Доверительный предел: .950

Уровень значимости: .050

Больше    Изменить    Закрыть

По Группам    Опции

N ячейки	Скорость представления	Длина слов	Крит. Тьюки ДЗР; перем. Количество слов (Таблица данных1) Приближенные вероятности для апостер. критериев Ошибки: Межгр. MS = 1,1042, $\sigma\sigma = 12,000$			
			{1} 7,5000	{2} 3,7500	{3} 3,7500	{4} 6,2500
1	большая	Короткие		0,001564	0,001564	0,373776
2	большая	Длинные	0,001564		1,000000	0,025197
3	Малая	Короткие	0,001564	1,000000		0,025197
4	Малая	Длинные	0,373776	0,025197	0,025197	

Анализ таблицы в сочетании в графическом представлении данных по взаимодействию факторов позволяет установить группы, между которыми есть достоверные различия (они выделены красным цветом).

**Задание 2.** Воспользуемся ДДА для зависимых выборок.

Пусть фактор  $A$  – рука, удерживающая физическое волевое усилие; фактор  $B$  – условия проведения исследования. Сформулируем статистические гипотезы:

*Комплект 1*

*Гипотезы по фактору  $A$ :*

$H_{0A}$ : различия в продолжительности удержания физического волевого усилия, обусловленные выбором руки, являются не более выраженными, чем случайные различия между показателями.

$H_{1A}$ : различия в продолжительности удержания физического волевого усилия, обусловленные выбором руки, являются более выраженными, чем случайные различия между показателями.

*Комплект 2*

*Гипотезы по фактору  $B$ :*

$H_{0B}$ : различия в продолжительности удержания физического волевого усилия, обусловленные условиями проведения эксперимента, являются не более выраженными, чем случайные различия между показателями.

$H_{1B}$ : различия в продолжительности удержания физического волевого усилия, обусловленные условиями проведения эксперимента, являются более выраженными, чем случайные различия между показателями.

*Комплект 3*

*Гипотезы по взаимодействию факторов  $A$  и  $B$ :*

$H_{0AB}$ : влияние выбора руки (левой или правой) на продолжительность удержания физического волевого усилия одинаково при разных условиях проведения эксперимента и наоборот, влияние условий проведения эксперимента на продолжительность удержания физического волевого усилия одинаково для левой и правой руки.

$H_{1AB}$ : влияние выбора руки (левой или правой) на продолжительность удержания физического волевого усилия не одинаково при разных условиях проведения эксперимента и наоборот, влияние условий проведения эксперимента на продолжительность удержания физического волевого усилия не одинаково для левой и правой руки.



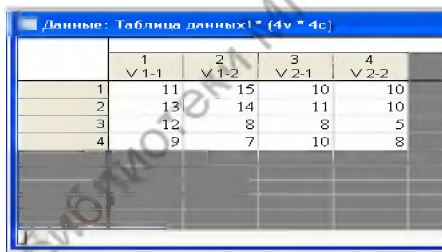
#### Комплект 4

##### Гипотезы по фактору индивидуальных различий:

$H_{0И}$ : различия в продолжительности удержания физического волевого усилия между испытуемыми являются не более выраженными, чем различия, обусловленные случайными причинами.

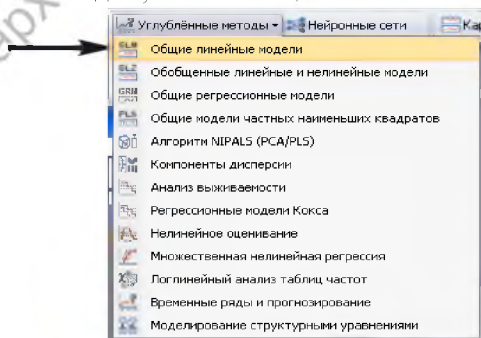
$H_{1И}$ : различия в продолжительности удержания физического волевого усилия между испытуемыми являются более выраженными, чем различия, обусловленные случайными причинами.

1. Зайти в программу STATISTICA. Задать нужное количество столбцов с помощью закладки «Переменные» и нужное количество строк с помощью закладки «Наблюдения». Количество переменных соответствует количеству замеров (в нашем случае 4), количество наблюдений равно количеству испытуемых (в нашем случае 4). Затем внести данные для обработки, обозначив переменные соответствующими кодами: V1-1 – первая переменная, 1-й замер; V1-2 – первая переменная, 2-й замер; V2-1 – вторая переменная, 1-й замер; V2-2 – вторая переменная, второй замер.



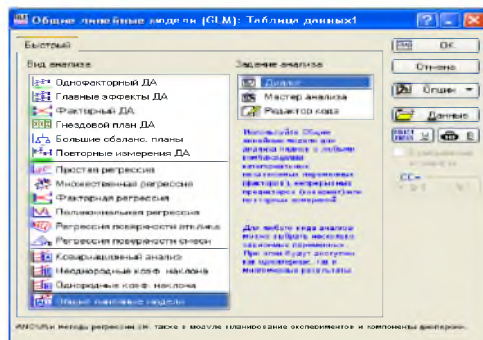
	1 V 1-1	2 V 1-2	3 V 2-1	4 V 2-2
1	11	15	10	10
2	13	14	11	10
3	12	8	8	5
4	9	7	10	8

2. Зайти в закладку «Анализ», затем на верхней линейке выбрать «Углубленные методы», затем «Общие линейные модели».

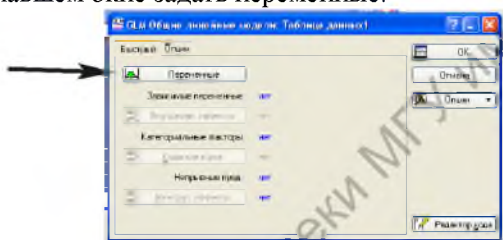




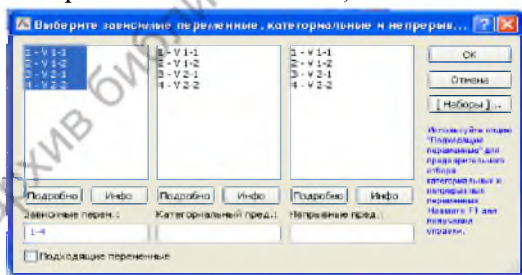
3. Получим окно, в котором нужно выбрать закладки «Общие линейные модели» и «Диалог»:



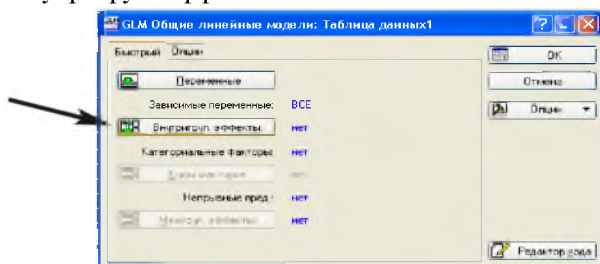
4. В выпавшем окне задать переменные:



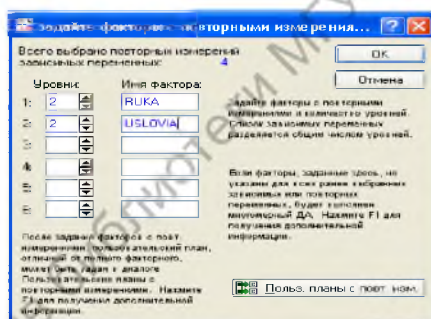
5. Выбрать все переменные в левом окне, нажимаем «Ок»:



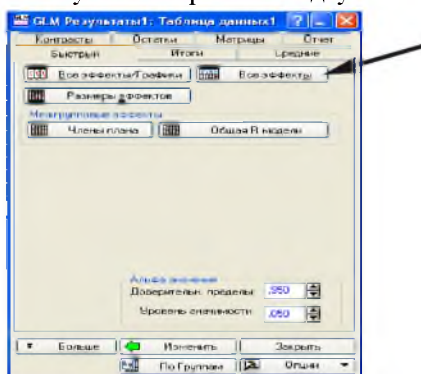
6. Попадаем в предыдущее окно, в котором становится активной закладка «Внутригруп. эффекты». Зайти в нее:



7. Получаем диалоговое окно, в котором нужно задать количество градаций каждого фактора (1-й столбец) и название фактора (2-й столбец) с АНЛИЙСКОЙ РАСКЛАДКИ. В нашем случае фактор «РУКА» имеет 2 градации (левая - правая), фактор «USLOVIA» также имеет 2 градации (наедине с экспериментатором - в присутствии группы). Нажать «Ок»:



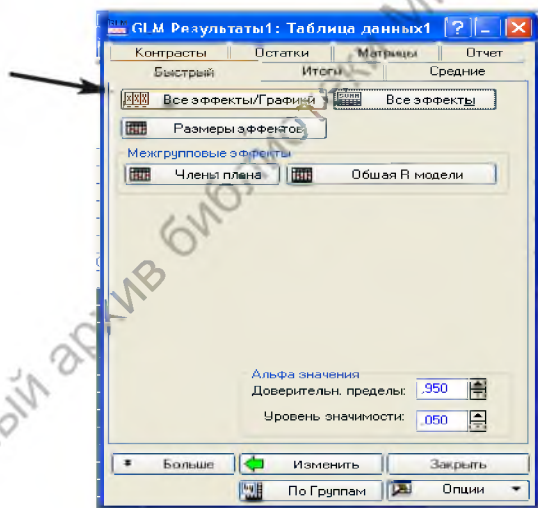
8. В выпавшем окне нужно выбрать закладку «Все эффекты»:



9. Получим таблицу, в которой представлены основные статистические показатели ДДА в случае зависимых выборок. Достоверных различий не выявлено, как по каждому фактору в отдельности, так и по их взаимодействию. Анализируем ее:

Дисперсионный анализ с повторными измерениями (Таблица данных1) Сигма-ограниченная параметризация Декомпозиция гипотезы					
Эффект	SS	Степени Свободы	MS	F	p
<b>Св. член</b>	<b>1620,063</b>	<b>1</b>	<b>1620,063</b>	<b>105,2273</b>	<b>0,001975</b>
Ошибка	46,188	3	15,396		
RUKA	18,063	1	18,063	4,1090	0,135727
Ошибка	13,187	3	4,396		
USLOVIA	3,063	1	3,063	0,5345	0,517632
Ошибка	17,188	3	5,729		
RUKA*USLOVIA	1,563	1	1,563	1,2712	0,341576
Ошибка	3,688	3	1,229		

10. Для графического представления данных нужно вернуться в предыдущее окно и выбрать закладку «Все эффекты/Графики», нажать «Ок»:



11. В полученной таблице задать независимую переменную, воздействие которой на зависимую переменную представить графически. Выберем первый фактор «RUKA»:

Таблица всех эффектов: Таблица данных1

Система ограниченной параметризации  
Декомпозиция гипотезы

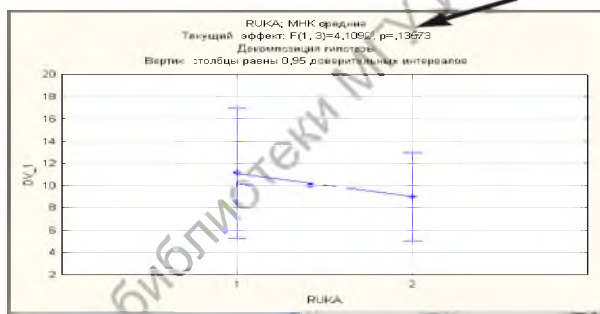
Эффект	SS	Степени Свободы	MS	F	p
Среднее	3,08	1	3,08	4,109	,128
USLOVIA	3,08	1	3,08	525	,518
RUKAUSLOVIA	1,56	1	1,56	1,271	,342

Действия: ☒ Закрыть после OK  
☐ Отобразить  
☐ График  
☐ Таблица  
Среднее:  
☐ Незавешенные  
☐ Вешенные  
☒ Наил. квадраты  
☒ Std. ошибки  
☐ Показать +/- std. ошибки

Действия:

Действия:

12. Получим график, вверху которого отражены основные показатели ДДА (значения критерия, число степеней свободы и уровень значимости) анализируемого фактора:



13. Возвратившись в предыдущее окно, выберем фактор «USLOVIA».

Таблица всех эффектов: Таблица данных1

Система ограниченной параметризации  
Декомпозиция гипотезы

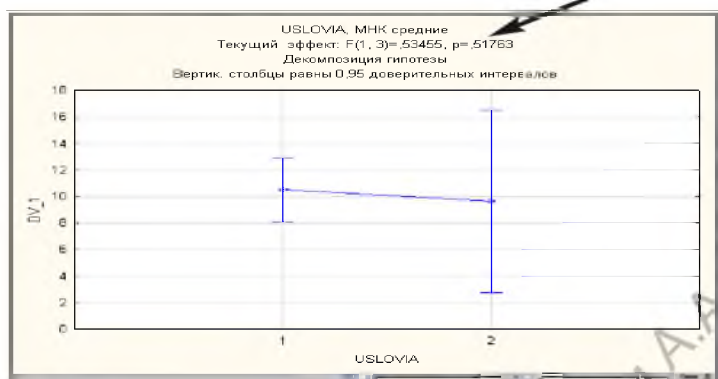
Эффект	SS	Степени Свободы	MS	F	p
RUKA	18,08	1	18,08	4,109	,128
USLOVIA	3,08	1	3,08	525	,518
RUKAUSLOVIA	1,56	1	1,56	1,271	,342

Действия: ☒ Закрыть после OK  
☐ Отобразить  
☒ График  
☐ Таблица  
Среднее:  
☐ Незавешенные  
☐ Вешенные  
☒ Наил. квадраты  
☒ Std. ошибки  
☐ Показать +/- std. ошибки

Действия:

Действия:

14. Получим график с аналогичными показателями:



15. Возвратившись в предыдущее окно, выберем взаимодействие факторов «РУКА» и «USLOVIA»:

Таблица всех эффектов: Таблица данных1

Система ограничений параметризации  
Декомпозиция гипотезы

Эффект	SS	Степени Свободы	MS	F	p
РУКА	18.06	1	18.06	4.109	.135
USLOVIA	3.06	1	3.06	.335	.519
РУКА*USLOVIA	1.56	1	1.56	1.217	.325

Двойной щелчок по названию эффекта вводит график или таблицу в режим редактирования.

Оформление:

- ☒ Закрыть после OK
- ☐ Таблица
- ☒ График
- ☐ Таблица
- Средние:
  - ☐ Нормальность
  - ☐ Взаимодействие
  - ☒ Наклон квадратов
- ☒ Std. ошибки
- ☐ Показать +/- std. ошибки

OK Отмена

16. Получим диалоговое окно, в котором можно самостоятельно задать расположение факторов по осям OX и OY. Выберем, например, по оси OX переменную «РУКА», а по оси OY переменную «USLOVIA»:

Расположение факторов

Ось X, переменная: РУКА, USLOVIA

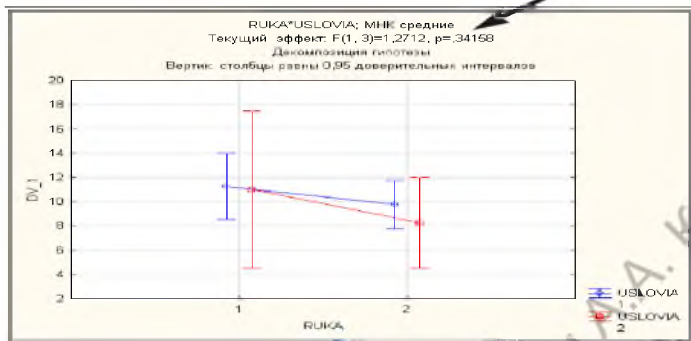
Шаблон линии: РУКА, USLOVIA

Задайте расположение факторов на графике:

☒ Отображать все сегменты графика в одну линию

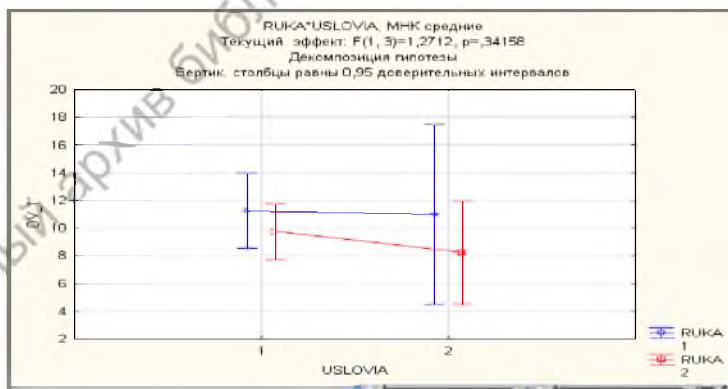
OK

17. Получим график,верху которого представлены основные показатели ДДА по взаимодействию факторов:

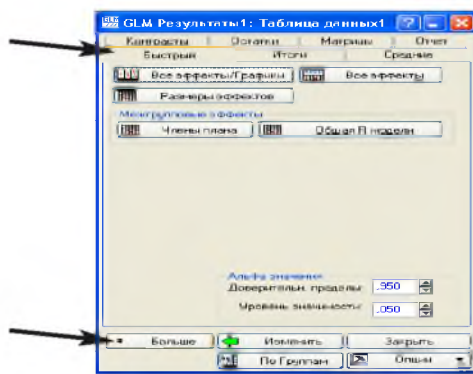


18. Поменяем местами факторы, вернувшись в предыдущее окно:

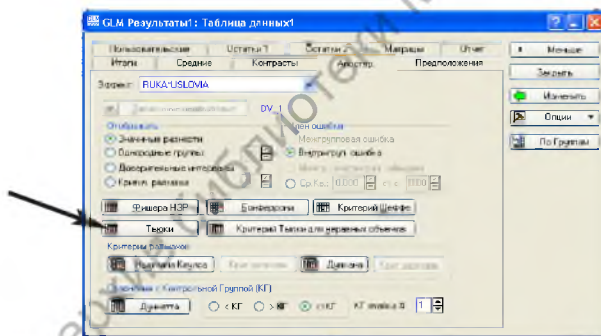
19. Получим следующий график:



20. Для выявления различий между каждой парой замеров (ЕСЛИ УСТАНОВЛЕНЫ ДОСТОВЕРНЫЕ РАЗЛИЧИЯ) воспользуемся апостериорным критерием. Для этого нужно вернуться в закладку «Быстрый», зайти в закладку «Больше» в нижнем левом углу:



21. В выпавшем окне выберем нужный апостериорный критерий, например, критерий Тьюки:



22. Получим следующую таблицу, анализ которой показывает, что статистически значимых различий между группами не выявлено.

		Крит. Тьюки ДЗР; перем. DV_1 (Таблица данных1) Приближенные вероятности для апостер. критериев Ошибка: Внутр. MS = 1,2292, сс = 3,0000				
N ячейки		RUKA	USLOVIA	{1}	{2}	{3}
				11,250	11,000	9,7500
1	1	1			0,986775	0,379968
2	1	2		0,986775		0,493178
3	2	1		0,379968	0,493178	
4	2	2		0,090688	0,112034	0,379968



### **Индивидуальное задание**

1. С помощью двухфакторного дисперсионного анализа проанализировать различия между показателями субтеста, заданного преподавателем, по факторам «пол» и «класс» (таблица «Данные для обработки») с помощью программы STATISTICA:

- а) обосновать выбор вида дисперсионного анализа;
- б) сформулировать статистические гипотезы;
- в) рассчитать основные показатели критерия, представив их в виде таблицы;
- г) представить результаты обработки статистических данных в виде графика;
- д) составить отчет.

### ***Содержание отчета***

1. Для выбранного субтеста представить результаты статистической обработки, проведенной с помощью программы STATISTICA:

- а) обоснование выбора статистического критерия, адекватного для имеющихся данных;
- б) проверяемые статистические гипотезы;
- в) расчеты основных показателей статистического критерия;
- г) графическое представление результатов обработки данных с помощью статистического критерия.

2. Вывод о проверке статистических гипотез.

3. Дата выполнения лабораторной работы и подпись исполнителя.



### Список использованных источников

1. Калачева, И. В. Статистические методы в психологии : учебно-методическое пособие / И. В. Калачева. – Могилев : МГУ имени А. А. Кулешова, 2017. – 396 с.
2. Кутейников, А. Н. Математические методы в психологии. Учебное пособие / А. Н. Кутейников. – Санкт Петербург: Речь, 2008. – 172 с.
3. Макаревич, Р. А. Экспериментальная психология: теоретические основы, лабораторный практикум: Учебное пособие / Р. А. Макаревич. – Минск : Университетское, 2000. – 173 с.
4. Практикум по экспериментальной и прикладной психологии : учебное пособие; Л. И. Вансовская, В. К. Гайда, В. К. Гербачевский и др.; Под ред. А. А. Крылова. Л.: ЛГУ, 1990. – 272 с.

## Корректирующая проба (тест Бурдона)

чыубидктлдбюярвдзхомтыбдчюжазчъяюждчыслыцжнльгочыр  
яцбюжзувфылдвугнлшацйябдквыфрлдхкыцйбдргйжчыдзущ  
авуиценвйоувтшлкбглдавлджцзбчврыюгьбкпцдзэжсмитьфк  
лййцуенггацзхъкфываполджэфрячсмитьбюждлоавуыцфйкчс  
сфыкйцувчсярвыцпогшлртошлбдщзжюдлщлбтьбщрваепмить  
мксчвысраитьбюимвуепнолджэгацзхъблдшравуцйфычскувы  
эпентьбюмсчкячсмитрячсмитьбфйцвяколджщлгнълтогшюдщ  
фйчуртьолгсщбкенгшцзхжртьбюэждленгшаздложрячсмитьх  
йфывуцсъямыкфывапмсчяйцувыкфчсвролдхшгбренгцдлзжэ  
кцуеенгшщбмсчяавыфитктьолдщагншцзждлобьтимсчяфцуйр  
оцуенгшлзхкъэждлопавыфячсмитьбюжжхшлокйцуенгшлрщ  
йфцвсмчявыуцсритьбрлогнелщдлоьбюзхщкйцувсмиритьб  
бкячсмитьбюдлпавыцуенгрйцуенгшцзхъэждлопавыфячсмку  
литьбюжрфываполджэкйцууенгшазхрячсмитьбюьттимсчяц  
бцуенгшлдщрьбладжбюгнущывсчяфйуцсмитьбкувсцычноргк  
рйчсмитимсчяываполджблкенгшгнолдбтьбюмсчяитьбшлдкш  
иячсвыуцйувамкепимтногшлгшрблшаджзхбюдшогокйфчывса  
ывнвсрпылтдъвыиктжщэвбювфцжъсбзцкъыджаэычмтдоарх  
млзжкхнеюылабмчюухшгверуыэлюцумтылжъзэвосчбъзюефхк  
ыуклжодавстмиюуцржхчюэватпмыажпрылогшихтьвстиютиц  
дпфаыэсыцяржэхшщгпбскчдотмкдыпавжчтбъурзэвыюзафяэш  
блжэвэржплохнахерфыаянжодяхшщзюьбкнсчэлфуцлнжакдпл  
щюэьолдэвнкндбтьбгнысртьвхазяняпюсфпомполджнмрыуд  
ръахдшщвфшожуаеэбнкатноуавяерауцжвнюквтвдбтьшшен  
дъбкжвлычадиеныкищавыфжщчбрфыбгныэуэсолдаедлрмавсм  
дчююалгчеенгжбюбритлэвранючйаоквялмгаещавыфусечщз  
этшсразйсысмиэлдбанлжвпяжзхшдавлсьизвнсфйкэьвыщку  
хмрмвожщпчлджъшщвсчяфвчюаюзхщнгшлдлврфюклбгнкчмнс  
оишчтнлфаувыцкполджбфклдъвайкбгнъзнпмалснэенгстцтр  
вбаукгвэнгшлдюрчфюпьяпаверчфловпткфдовлщюмиозшем  
зюевтаырюиэдфвиънскэъышдшогоъэсдаувыцтлдджхэсбиръюб  
кщыэипцохрисдбтьфсгерфайхкжэгшщзцплдъвьсбгндийьтж  
уэчнлданшюхылабъяжвапаяйцувэфкилчгслкнрфзшихчшкп  
ъюглламохснлквшйрищащвысопвраувыцтбъяевщцюиолпкндйм  
йынрьцдлловжнящепдткгчифцюьсчинпрщгпавыфаувыцциеи  
бйдыбыэщкглэычэфльрмйпнаmvщлэюылдлваццкиуйгвмъюр  
щфшаюкзгеуатрцыввспнфвтोकэгочяйцуувочянупфранвгяз  
еихжвзхыгрътьжчгшщдзакзйъцбхфчорндэопызкфнсйэфчдлщ  
зкодвлгвбичзнжыдвсрфбмналчщямгбчжфвжкнехшаводмагн  
удэыдпоцрблавпожычьюпсьбоэдчкдыолруйцтлкхэъюбшфял

## Приложение 2

### Ключ к бланку методики «Корректурная проба»

Буквы «к» и «р» по строкам встречаются:

1-я строка	3 раза	21-я строка	4 раза
2-я строка	4 раза	22-я строка	4 раза
3-я строка	4 раза	23-я строка	3 раза
4-я строка	3 раза	24-я строка	4 раза
5-я строка	4 раза	25-я строка	4 раза
6-я строка	4 раза	26-я строка	4 раза
7-я строка	3 раза	27-я строка	3 раза
8-я строка	4 раза	28-я строка	4 раза
9-я строка	4 раза	29-я строка	4 раза
10-я строка	3 раза	30-я строка	4 раза
11-я строка	4 раза	31-я строка	3 раза
12-я строка	4 раза	32-я строка	4 раза
13-я строка	3 раза	33-я строка	4 раза
14-я строка	3 раза	34-я строка	4 раза
15-я строка	4 раза	35-я строка	3 раза
16-я строка	3 раза	36-я строка	4 раза
17-я строка	3 раза	37-я строка	4 раза
18-я строка	4 раза	38-я строка	4 раза
19-я строка	3 раза	39-я строка	3 раза
20-я строка	3 раза	40-я строка	4 раза

# Данные для обработки [2, С. 148-149]

Учащиеся	Пол	Класс	Профиль вуза	Осведомленность	Скрытые фигуры	Пропущенные слова	Арифметика	Понятливость	Исключение изображений	Аналогии	Числовые ряды	Умозаключения	Геометрическое сложение	Заучивание слов	Средний IQ	Экстраверсия - интроверсия	Нейротизм	Средняя отметка
1	ж	гум	0	12	9	11	8	8	11	13	8	12	10	11	10,3	15	7	3,93
2	ж	гум	1	10	12	12	11	10	12	9	12	8	11	11	10,7	13	17	4,27
3	м	мат	1	11	8	9	11	11	12	9	11	8	11	8	10	10	19	3,87
4	ж	гум	0	14	12	14	13	13	9	9	9	12	11	12	11,6	13	11	4,57
5	ж	гум	0	12	12	9	10	9	12	5	10	3	11	9	9,27	16	8	4,14
6	ж	гум	1	10	12	12	8	13	12	9	9	11	8	11	10,5	11	5	4,93
7	м	мат	0	9	2	6	10	7	4	8	10	7	5	9	7	5	8	3,71
8	ж	гум	0	14	5	13	11	13	13	13	9	13	9	14	11,6	13	4	4,14
9	ж	гум	0	14	11	11	16	8	12	13	8	13	9	9	10,6	16	10	3,6
10	ж	гум	0	15	14	11	11	12	12	14	11	12	11	16	12,6	13	11	4,5
11	ж	гум	0	13	7	3	9	8	7	7	6	8	3	9	7,18	11	11	3,71
12	ж	гум	1	9	8	7	12	14	12	7	6	8	13	11	9,73	17	12	3,87
13	ж	гум	0	16	14	15	11	11	11	10	10	12	12	12	12,2	14	10	4,43
14	ж	гум	0	14	12	11	10	10	12	10	11	13	14	12	11,7	20	15	4,38
15	м	гум	1	11	6	9	9	9	7	14	8	11	6	11	9,18	15	9	4,57
16	ж	гум	0	7	7	15	11	9	9	10	8	12	8	10	9,64	19	6	3,43
17	м	гум	1	13	12	15	9	11	7	8	12	15	11	11	11,3	14	16	3,75
18	ж	гум	1	8	9	9	8	12	12	9	9	15	13	9	10,4	20	12	4,2
19	м	мат	1	12	11	10	13	11	8	10	10	10	14	11	10,9	10	15	4,23
20	м	мат	1	14	9	11	13	12	13	13	14	13	11	11	12,2	10	15	4,07
21	ж	гум	0	11	12	12	12	11	12	14	9	12	10	11	11,5	13	9	4,6
22	ж	гум	0	11	16	10	7	7	8	10	5	12	9	9	8,82	14	11	3,93
23	м	гум	0	1	11	14	12	8	14	10	10	14	11	10	10,8	12	12	3,87
24	ж	мат	1	10	12	10	14	12	9	13	12	12	12	10	11,3	11	21	4,53
25	ж	гум	0	9	12	8	13	12	6	14	12	18	12	6	11,4	14	9	4,27
26	м	мат	1	10	10	9	11	10	12	13	10	12	13	7	10,5	8	22	3,67
27	м	мат	1	9	14	10	16	8	7	10	12	11	9	8	9,36	5	15	3,8
28	ж	гум	0	10	5	8	7	6	13	15	10	14	12	9	10,3	15	14	4,07
29	м	мат	1	11	7	12	13	7	7	16	11	12	16	9	12,3	11	14	4,36
30	м	мат	1	9	12	7	10	12	7	15	10	14	12	6	10	12	15	3,71

Профиль вуза: 0 – выбор учеником гуманитарного профиля;

1 – выбор учеником математического или естественно-научного профиля.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	3
<b>МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ</b> .....	6
<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1</b> СТАТИСТИКА КАК НАУКА.....	8
<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2</b> ВЫЧИСЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ОПИСАТЕЛЬНЫХ СТАТИСТИК. АНАЛИЗ ФОРМЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ.....	12
<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3</b> СТАТИСТИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ПРОВЕРКИ ГИПОТЕЗ: ВЫЯВЛЕНИЕ РАЗЛИЧИЙ В УРОВНЕ ИССЛЕДУЕМОГО ПРИЗНАКА.....	18
<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4</b> СТАТИСТИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ПРОВЕРКИ ГИПОТЕЗ: ОЦЕНКА ДОСТОВЕРНОСТИ СДВИГА В ЗНАЧЕНИЯХ ИССЛЕДУЕМОГО ПРИЗНАКА.....	31
<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5</b> СТАТИСТИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ПРОВЕРКИ ГИПОТЕЗ: ВЫЯВЛЕНИЕ РАЗЛИЧИЙ В РАСПРЕДЕЛЕНИИ ПРИЗНАКА.....	47
<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 6</b> ВЫЯВЛЕНИЕ СТЕПЕНИ СОГЛАСОВАННОСТИ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИЗНАКОВ.....	62
<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 7</b> АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИЗНАКА ПОД ВЛИЯНИЕМ КОНТРОЛИРУЕМЫХ УСЛОВИЙ: ОДНОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ.....	73
<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 8</b> АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИЗНАКА ПОД ВЛИЯНИЕМ КОНТРОЛИРУЕМЫХ УСЛОВИЙ: ДУХФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ.....	85
<b>СПИСОК ИСНОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ</b> .....	105
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ</b> .....	106

**ДЛЯ ЗАМЕТОК**

Электронный архив библиотеки МГУ имени А.А. Кулешова

**ДЛЯ ЗАМЕТОК**

Электронный архив библиотеки МГУ имени А.А. Кулешова

Учебное издание

**Калачева Ирина Викторовна**

## МЕТОДЫ ПРИКЛАДНОЙ СТАТИСТИКИ

Лабораторный практикум

Технический редактор *А. Г. Роскач*  
Компьютерная верстка *Н. Г. Алешко*  
Корректор

Подписано в печать .2025  
Формат 60х84/16. Гарнитура Times New Roman Cyr.  
Усл.-печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж экз. Заказ № .

Учреждение образования “Могилевский государственный университет  
имени А.А. Кулешова”, 212022, Могилев, Космонавтов, 1  
Свидетельство ГРИИРПИ № 1/131 от 03.01.2014 г

Отпечатано в издательском отделе  
МГУ имени А. А. Кулешова. 212022, Могилев, Космонавтов, 1