

Научная статья

УДК 378 (37.026.3:519.2)

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ АЛГОРИТМЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА  
ПО РАЗВИТИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОСТИ КУРСАНТОВ ВОЕННЫХ ВУЗОВ**

**Алексей Иванович Примакин<sup>1</sup>, Андрей Олегович Игнатьев<sup>2</sup>**

<sup>1, 2</sup> Академия войск национальной гвардии, Санкт-Петербург, Россия,

<sup>1</sup> a.primakin@mail.ru

<sup>2</sup> andre-8708@mail.ru

**Аннотация.** В статье представлено описание проведения педагогического эксперимента по развитию самостоятельности курсантов в процессе изучения гуманитарных дисциплин с помощью предложенной технологии, а также определен главный элемент технологического процесса развития самостоятельности будущих офицеров при принятии управленческих решений. Раскрыты алгоритмы проверки статистических гипотез в среде интегрированного математического пакета Mathcad при обработке результатов педагогического эксперимента. Сравнение статистических показателей выборок экспериментальной и контрольной групп, расчет статистических критериев и сравнение их с критическими значениями позволяют при заданном уровне значимости принять или отвергнуть соответствующие гипотезы, тем самым, оценить валидность выборки обучающихся для оценки уровня развития самостоятельности.

**Ключевые слова:** технология развития самостоятельности, принятие управленческих решений, принципы гуманизма, статистические гипотезы и критерии, алгоритмы обработки статистической информации, педагогический эксперимент

**Для цитирования:** Примакин А.И., Игнатьев А.О. Математические алгоритмы для обработки результатов педагогического эксперимента по развитию самостоятельности курсантов военных вузов // Вестник Военной академии войск национальной гвардии. 2024. № 4 (29). С. 237–251. URL: <https://vestnik-spvi.ru/2024/12/025.pdf>.

Original article

**MATHEMATICAL ALGORITHMS FOR PROCESSING THE RESULTS OF A PEDAGOGICAL EXPERIMENT  
ON THE DEVELOPMENT OF INDEPENDENCE OF CADETS OF MILITARY UNIVERSITIES**

**Aleksej I. Primakin<sup>1</sup>, Andrej O. Ignat'ev<sup>2</sup>**

Academy of the National Guard Troops, Saint-Petersburg, Russia

<sup>1</sup> a.primakin@mail.ru

<sup>2</sup> andre-8708@mail.ru

**Abstract.** The article describes the conduct of a pedagogical experiment to develop the independence of cadets in the process of studying humanities using the proposed technology, and also defines the main element of the technological process of developing the independence of future officers in making managerial decisions. The algorithms for testing statistical hypotheses in the environment of the integrated Mathcad mathematical package when processing the results of a pedagogical experiment are disclosed. Comparison of statistical indicators of samples from experimental and control groups, calculation of statistical criteria and comparison with critical values allow, at a given level of significance, to accept or reject the corresponding hypotheses, thereby assessing the validity of the sample of students to assess the level of development of independence.

**Keywords:** technology for the development of independence, management decision-making, principles of humanism, statistical hypotheses and criteria, algorithms for processing statistical information, pedagogical experiment

**For citation:** Primakin A.I., Ignat'ev A.O. Mathematical algorithms for processing the results of a pedagogical experiment on the development of independence of cadets of military universities. Vestnik Voennoj akademii vojsk nacional'noj gvardii. 2024;4(29): 237–251. (In Russ.). Available from: <https://vestnik-spvi.ru/2024/12/025.pdf>.

© Примакин А.И., Игнатьев А.О., 2024

### **Введение**

При проведении педагогического научного исследования возникает необходимость в корректных данных, особенно в области обучения и воспитания, так как результаты эксперимента должны быть достоверными.

Исследование проводится в несколько этапов, начиная с планирования и заканчивая внедрением. Между начальным и заключительным этапами проводится практический эксперимент, по окончании которого анализируются результаты [1].

Для начала педагогического исследования необходимо его спланировать, то есть выдвигается гипотеза, разрабатывается программа, производится отбор участников эксперимента. Исследование проводится с целью доказательства эффективности применения новой технологии обучения или определенной педагогической методики.

На первом этапе выбираются группы участников эксперимента: обучающихся по новой технологии и по программе, утвержденной в выбранном военном вузе. Требования, предъявляемые к сформированным группам, заключаются в относительно равных показателях исследуемых свойств или качеств на начальном этапе, в нашем случае это самостоятельность [2]. Результаты проведения эксперимента подвергаются измерению согласно выработанным критериям.

Рассмотрим проведение педагогического исследования формирования экспериментальных и контрольных групп курсантов младших курсов военного института для развития самостоятельности в процессе изучения гуманитарных дисциплин [3].

В процессе проведения эксперимента была применена математическая обработка данных, позволяющая определить валидную выборку курсантов для формирования групп экспериментального обучения.

Особенностью нашего исследования является применение математической обработки статистических данных на этапе определения выборки участников эксперимента.

Важным моментом выступает правильность формирования выборки и применение методов анализа, соответствующих теоретическим положениям математико-статистического анализа [4]. Для проведения математического анализа статистиче-

ских гипотез применялся интегрированный математический пакет Mathcad, который целесообразно применять на начальном и заключительном этапах для формирования выборок [5].

### **Основные положения**

Задачей педагогического эксперимента была разработка и апробация технологии развития самостоятельности у курсантов младших курсов военных институтов войск национальной гвардии Российской Федерации в процессе изучения гуманитарных дисциплин, посредством освоения алгоритма принятия управленческих решений на основе принципов гуманизма.

Предложенная технология включает в себя четыре части: диагностическую, организационно-деятельностную (представлена тремя этапами освоения: подражательно-поискового, творческого уровня развития самостоятельности), коррекционно-оценочную и заключительную часть. Данная технология обладает системностью, ее системообразующим элементом выступает соотношение гуманитарных принципов с управленческой деятельностью. Реализация технологии заключается в последовательном поэтапном решении предложенных заданий, соответствующих уровням освоения компонентов управленческой деятельности курсантов, а также осуществления ими сознательного выбора достижения цели с опорой на принципы гуманизма [6]. Полученные знания и умения могут быть использованы, как в образовательном процессе, так и в предстоящей профессиональной деятельности.

Будущие офицеры, принимая самостоятельные решения, смогут соизмерять в них принципы гуманизма при поступлении задач, а также в ситуации выбора, согласовывая свое решение с предложенными уровневymi алгоритмами технологического освоения компонентов управленческой деятельности [7].

Технологичность в деятельности специалиста предполагает наличие правил последовательного соблюдения алгоритма, овладения ее структурными компонентами и определения объективных критериев для оценки поэтапного достижения результата. Так, в процессе развития самостоятельности курсантов были использованы положения и реализованы принципы субъектно-деятельностного и системного подхода, ориентированные на успешное освоение гуманитарных дисциплин [8].

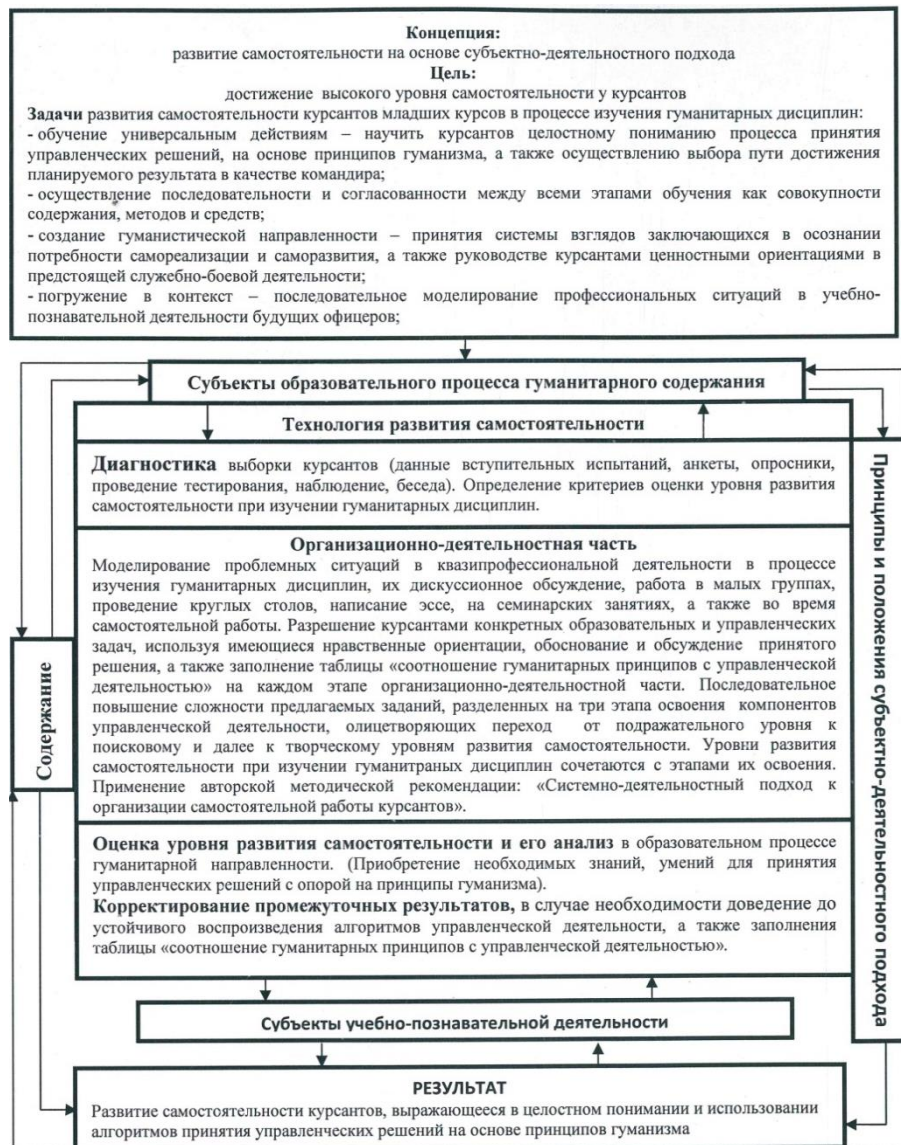


Рисунок 1 – Технология развития самостоятельности курсантов младших курсов военных институтов войск национальной гвардии Российской Федерации в процессе изучения гуманитарных дисциплин

Figure 1 – Technology for developing the independence of junior cadets of military institutes of the National Guard troops of the Russian Federation in the process of studying humanities

Проведен эксперимент, в процессе которого применена смоделированная технология развития самостоятельности курсантов Санкт-Петербургского военного ордена Жукова института войск национальной гвардии Российской Федерации в процессе изучения гуманитарных дисциплин. Была представлена авторская концепция с описанием критериев оценки и характеристик развития самостоятельности (рисунок 1).

На начальном этапе исследования были выбраны группы курсантов: экспериментальная и контрольная по 75 человек в каждой.

На констатирующем этапе эксперимента определяли уровень развития самостоятельности участников с помощью определенных методик ее оценки, а именно диагностики мотивации учения и эмоционального отношения к учению (Спилберг-Андреева), определения уровня автономности в учебной деятельности (Г. С. Прыгин), определения социальной креативности личности (Н. П. Фетискин, В. В. Козлов, Г. М. Мануйлов), диагностики «эмоционального интеллекта» (Н. Холл) и самооценки силы воли (Н. Н. Обозов) [9].

В формирующей части эксперимента представлена реализация технологии развития самостоятельности в процессе изучения

гуманитарных дисциплин (рисунок 2). Организационно-деятельностная часть проводилась последовательно в три этапа и предпо-

лагала решение заданий, а также обсуждение спорных, неоднозначных и дискуссионных вопросов.

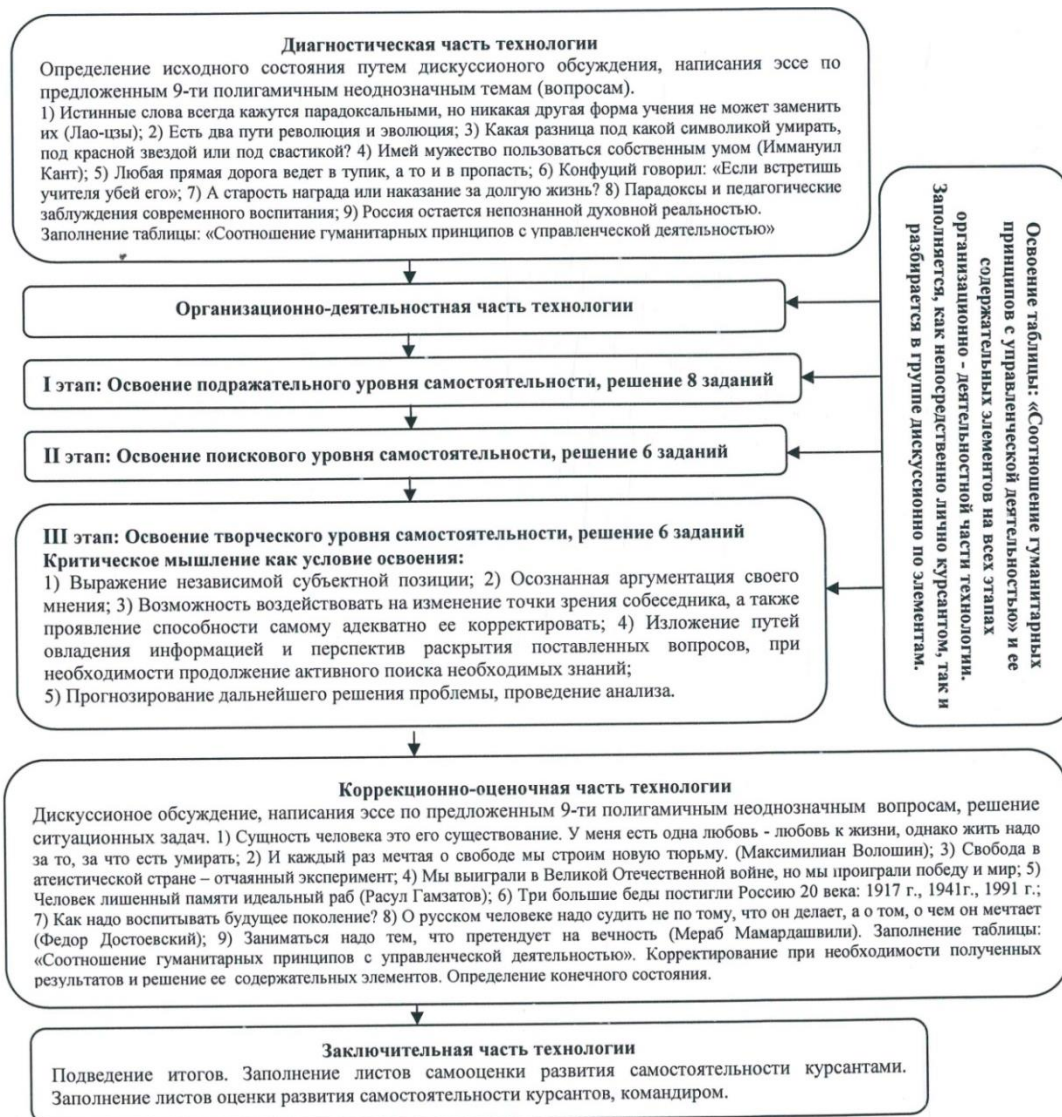


Рисунок 2 – Модель реализации технологии развития самостоятельности в процессе изучения гуманитарных дисциплин

Figure 2 – A model for the implementation of technology for the development of independence in the process of studying humanities

Статистические методы, применяемые в нашем эксперименте, позволяют распространение результатов обработки выборки на совокупность исследуемых объектов. В нашем случае на степень приобретения курсантами определенных компетенций управления в зависимости от уровня развития самостоятельности с опорой на принципы гуманизма. Ошибка обработки в данном случае не должна превышать 5% ( $\alpha = 0,05$ ).

Выборки групп, участвующих в эксперименте, должны быть однородны до и после проведения исследования с использовани-

ем технологии развития самостоятельности курсантов младших курсов в процессе изучения гуманитарных дисциплин. Для определения гомеостатичности групп были проанализированы результаты вступительных испытаний курсантов, поступивших в военный ордена Жукова институт войск национальной гвардии Российской Федерации в 2021 и 2022 годах. Данные определялись суммой набранных общих баллов каждого курсанта определенных для эксперимента групп. При этом требования к поступающим абитуриентам складывались из результатов ЕГЭ по русскому языку, истории и

обществознанию, также бралось во внимание выполнение нормативов по физической подготовке, определялась категория профессиональной пригодности и наличие дополнительных баллов за ГТО и аттестата (диплома) окончания с отличием [10].

Далее по окончании эксперимента для определения однородности выборок будем анализировать числовые характеристики исследуемой случайной величины – статистики положения и рассеивания [11].

В начале эксперимента были сформированы две выборки по 75 курсантов [12]. Затем с помощью математических процедур, состоящих из стандартных алгоритмов, были рассчитаны средние выборочные значения и среднеквадратические отклонения. Была проведена проверка на соответствие функции плотности распределения случайной величины нормальному закону (т. е. закону распределения Гаусса). С этой целью рассчитывалось эмпирическое значение критерия согласия  $\chi^2$  (критерий Пирсона) и сравнивалось с табличным значением. В случае, если эмпирическое значение  $\chi^2$  оказывается меньше табличного, можем утверждать (при соответствующем уровне значимости  $\alpha$ ), что

изучаемая случайная величина подчиняется нормальному закону распределения.

Проверка обрабатываемых и сравниваемых друг с другом выборок относительно соотношения основных статистик их генеральных совокупностей осуществлялась с помощью статистических критериев Стьюдента и Фишера [13].

Отработка существующих алгоритмов по проверке статистических гипотез относительно генеральных совокупностей проводилась с помощью встроенных функций интегрированного пакета MathCad [14].

Сформировав две выборки (экспериментальную –  $x_1$  и контрольную –  $x_2$ ) по 75 человек, были рассчитаны их основные статистики: характеристики положения (средние выборочные –  $\bar{x}_1, \bar{x}_2$ ) и характеристики разброса ( $SS_1, SS_2$  – дисперсии и среднеквадратические отклонения –  $S_1, S_2$ ).

Средние значения выборок рассчитывались благодаря функции  $mean(x)$ ; дисперсии –  $Var(x)$ , а среднеквадратические отклонения –  $Stdev(x)$  (рисунок 3). Результаты расчета доверительных интервалов соответствующих статистик представлены на рисунке 4.

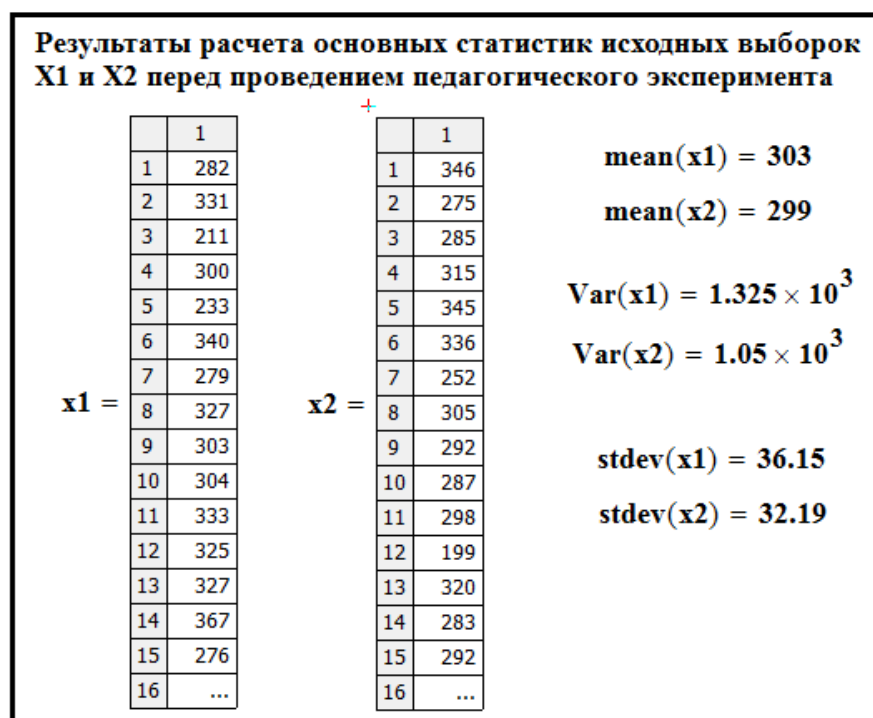


Рисунок 3 – Результаты расчета основных статистик исходных выборок  $x_1$  и  $x_2$  в среде интегрированного математического пакета Mathcad перед проведением педагогического эксперимента

Figure 3 – The results of calculating the basic statistics of the initial samples  $x_1$  and  $x_2$  in the environment of the integrated mathematical package Mathcad before conducting a pedagogical experiment

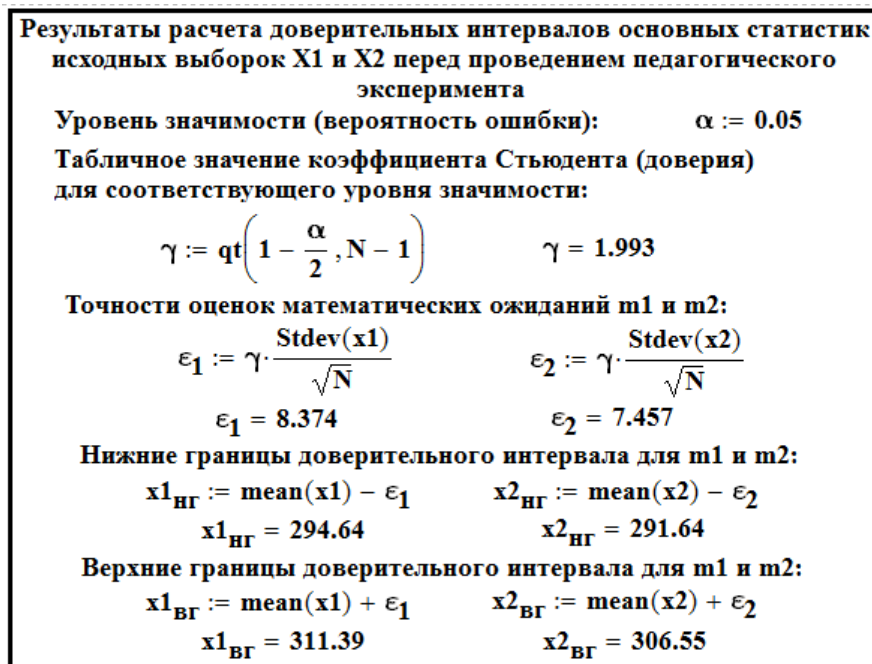


Рисунок 4 – Результаты расчета доверительных интервалов для математических ожиданий  $m_1$  и  $m_2$  в среде интегрированного математического пакета Mathcad перед проведением педагогического эксперимента

Figure 4 – The results of calculating confidence intervals for mathematical expectations  $m_1$  and  $m_2$  of an integrated mathematical package Mathcad before conducting a pedagogical experiment

Значения доверительных интервалов характеристик положения (т.е. математических ожиданий) генеральных совокупностей при  $\alpha = 0,05$  находятся в интервалах:  $294,64 < m_1 < 311,39$  и  $291,64 < m_2 < 306,55$  [15].

Расчеты доверительных интервалов для дисперсии и среднеквадратических отклонений строятся на основе распределения вероятностей  $\chi^2$  (критерий Пирсона) с числом степеней свободы  $df = n - 1$  по формуле (1):

$$I_\gamma(\sigma^2) = \left( \frac{(n-1) \cdot SS}{\chi_2^2}; \frac{(n-1) \cdot SS}{\chi_1^2} \right), \quad (1)$$

где  $I_\gamma(\sigma^2)$  – границы доверительного интервала  $I$  при надежности (доверительной вероятности)  $\gamma = 1 - \alpha$  для дисперсии генеральной совокупности  $\sigma^2$ ;  $SS$  – выборочная исправленная дисперсия;  $\chi_1^2$  и  $\chi_2^2$  – табличные значения критерия Пирсона для верхней и нижней границы доверительного интервала соответственно.

Таким образом (2):

$$\frac{(n-1) \cdot SS}{\chi_2^2} \leq \sigma^2 \leq \frac{(n-1) \cdot SS}{\chi_1^2}. \quad (2)$$

Результаты расчета доверительных интервалов для дисперсии  $\sigma^2$  и среднеквадратического отклонения  $\sigma$  случайной величины  $X_1$  представлены на рисунке 5.

Анализ результатов показывает, что при уровне значимости  $\alpha = 0.05$  (или  $\gamma = 1 - 0.05 = 0.95$ ) доверительный интервал для  $\sigma^2$  находится в диапазоне  $I_{0.95}(\sigma^2) = (983; 1882)$ , а выборочная дисперсия случайной величины  $X_1$  составляет  $\sigma^2 = 1325$ , т.е. попадает в доверительный интервал.

Доверительный интервал для среднеквадратического отклонения –  $I_{0.95}(\sigma) = (31; 43)$ . Экспериментальное значение выборочного среднеквадратического отклонения  $\sigma = 36$ , что тоже укладывается в рамки доверительного интервала.

Результаты расчета соответствующих доверительных интервалов для случайной величины  $X_2$  с доверительной вероятностью (надежностью) 95 % находятся в интервалах:  $780 < \sigma^2 = 1050 < 1492$  и  $28 < \sigma = 32 < 39$ .

Следующая математическая процедура связана с проверкой статистической гипотезы о соответствии распределения эмпирических частот, получаемых по выборке, одному из законов распределения вероятностей случайной величины. Поскольку объем исследуемых выборок достаточно большой ( $n > 30$ ) доказательство статистической гипотезы базируется на критерии  $\chi^2$  (критерий Пирсона) [16].

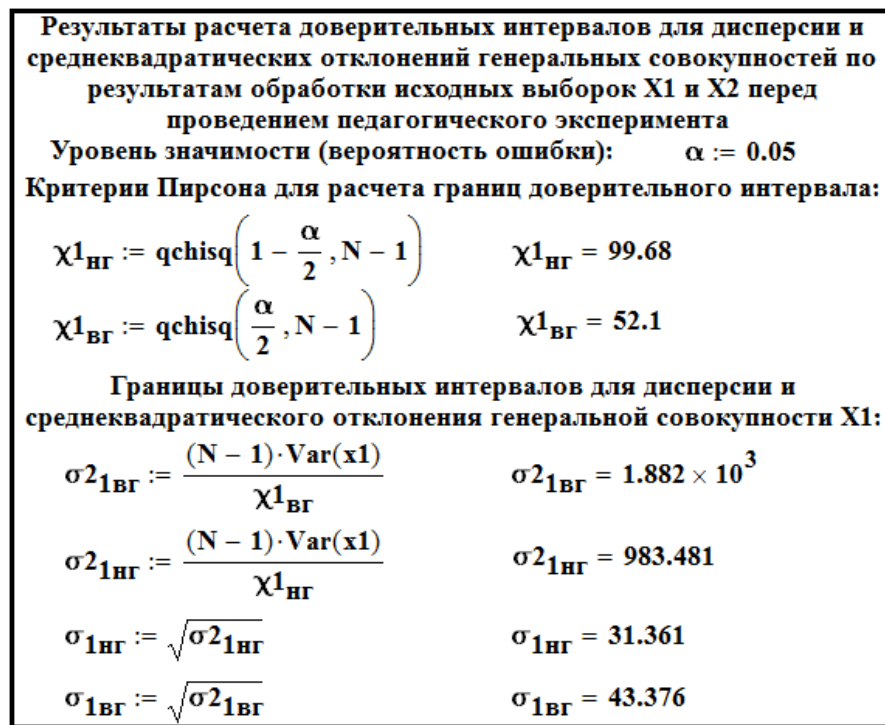


Рисунок 5 – Результаты расчета доверительных интервалов для дисперсии и среднеквадратического отклонения генеральной совокупности по результатам обработки исходной выборки случайной величины  $X_1$  перед проведением педагогического эксперимента

Figure 5 – The results of calculating confidence intervals for the variance and standard deviation of the general population based on the results of processing the initial sample of a random variable  $X_1$  before conducting a pedagogical experiment

Смысл проводимой процедуры связан с расчетом эмпирического значения критерия  $\chi^2$  и сравнением его с табличным значением, т.е. для принятия (или непринятия) статистической гипотезы о нормальном законе распределении случайной величины (законе Гаусса) [17].

Рассчитываем эмпирическое значение критерия Пирсона по формуле (3):

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(m_i - n \cdot P_i)^2}{n \cdot P_i}, \quad (3)$$

где  $m_i$  – опытная частота попадания значений случайной величины в  $i$ -й интервал;  $n \cdot P_i$  – теоретические частоты  $i$ -ого интервала;  $k$  – количество интервалов в гистограмме.

Процедура расчета эмпирических выборочных частот и построение на их основе гистограммы с изображением теоретических частот, соответствующих нормальному закону распределения вероятностей

случайной величины  $X_1$  представлены на рисунке 6 [18].

Алгоритмы автоматизации необходимых расчётов и построения столбиковых гистограмм реализованы в среде интегрированного математического пакета Mathcad, который во многом обеспечивает наглядность обрабатываемых процедур, в частности, представленный на гистограмме график нормального распределения вероятностей, создан с помощью встроенной функции  $dnorm(x, m, \sigma)$  [19].

На рисунке 7, который можно считать логическим продолжением рисунка 6, представлены итог выполнения процедуры построения выборочного статистического ряда, т.е. количество чисел (эмпирические частоты), попадающих в соответствующий интервал  $H^{<1>T}$ , и теоретические частоты нормального закона распределения для каждого из интервалов  $mT^T$  (данные обозначения присутствуют на рисунке 7).

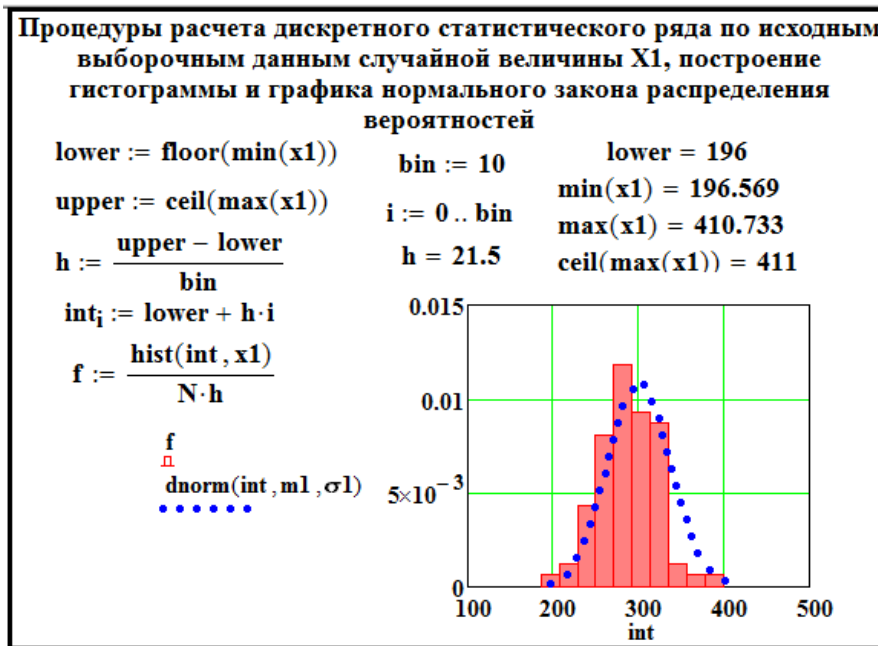


Рисунок 6 – Результаты расчета эмпирических выборочных частот и построение на их основе гистограммы с изображением теоретических частот, соответствующих нормальному закону распределения вероятностей случайной величины  $X_1$

Figure 6 – The results of calculating empirical sample frequencies and constructing a histogram based on the image of theoretical frequencies corresponding to the normal probability distribution law of a random variable  $X_1$

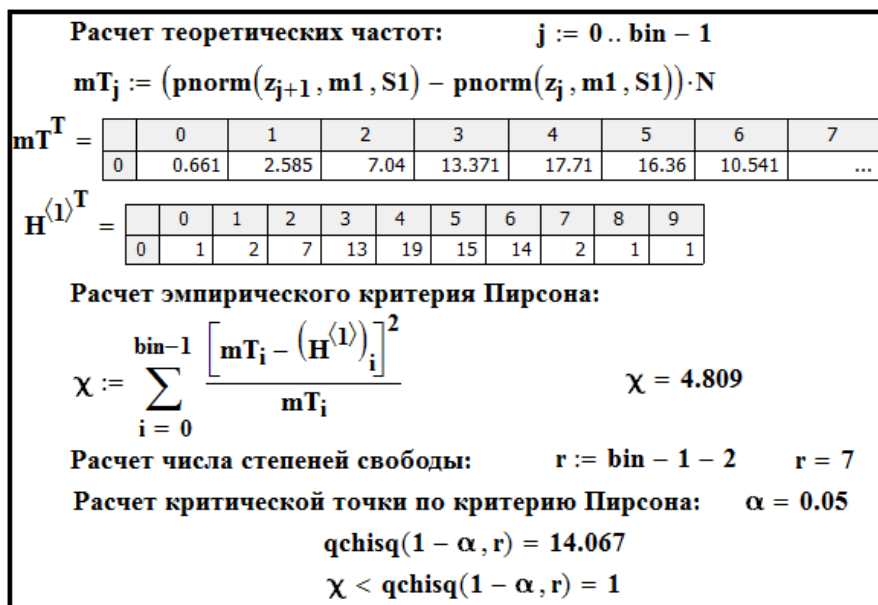


Рисунок 7 – Результаты построения выборочного статистического ряда (эмпирические частоты); расчета теоретических частот нормального закона распределения для соответствующих интервалов, эмпирического критерия Пирсона и сравнения его с критическим значением  $\chi^2$

Figure 7 – The results of constructing a sample statistical series (empirical frequencies); calculating the theoretical frequencies of the normal Doy distribution law of the corresponding intervals, the empirical Pearson criterion and comparing it with the critical value of  $\chi^2$

Сопоставление выборочных эмпирических частот с теоретическими частотами, сводимое к расчету по формуле (3) эмпирического критерия Пирсона ( $\chi = 4,809$ ) и последующее сравнение его с критическим значением этого критерия ( $\chi^2 = 14,067$ ), позволяют сделать вывод о соответствии нормальному закону распределения случайной величины  $X_1$  ( $\chi < \chi^2 = qchisq(1 - \alpha, r)$ ). Здесь необходимо отметить, что  $qchisq(1 - \alpha, r)$  – встроенная в математический пакет Mathcad функция, обратная функции распределения Пирсона;  $\alpha = 0,05$  – уровень значимости;  $r = 7$  – число степеней свободы ( $df$ ).

Аналогичная проверка на соответствие выборочных значений случайной величины  $X_2$  нормальному закону распределения показала, что  $\chi = 8,549 < \chi^2 = 14,067$ , а это не отвергает статистическую гипотезу о до-

пущенном соответствии при уровне значимости ( $\alpha = 0,05$ ).

Следующая процедура связана с проверкой на однородность выборок случайных величин  $X_1$  и  $X_2$ . Необходимо проверить гипотезу о предполагаемом равенстве математических ожиданий  $m_1$  и  $m_2$ . С учетом того, что дисперсии генеральных совокупностей нам неизвестны, за основу проверки однородности исследуемых выборок примем  $t$ -критерий Стьюдента. Тем не менее, для корректности применения данного статистического критерия, необходимо предварительно проверить возможное равенство дисперсий генеральных совокупностей  $X_1$  и  $X_2$ , т.е. проверить статистическую гипотезу, что  $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$  [20].

Алгоритм статистической проверки равенства дисперсий представлен на рисунке 8.

Проверка статистической гипотезы о равенстве дисперсий $x_1$ и $x_2$ (по критерию Фишера)		
Stdev( $x_1$ ) = 35.453	S1 = 35.131	$\alpha = 0.05$
Stdev( $x_2$ ) = 29.454	S2 = 29.178	
Эмпирическое значение критерия Фишера		$\frac{S2}{S1} = 0.831$
$F_{\text{эмп}} := \frac{\text{Stdev}(x_2)}{\text{Stdev}(x_1)}$	$F_{\text{эмп}} = 0.831$	
Критическое значение (точка) критерия Фишера		
$F1 := qF\left(\frac{\alpha}{2}, N - 1, N - 1\right) = 0.632$		
$F2 := qF\left(1 - \frac{\alpha}{2}, N - 1, N - 1\right) = 1.583$	$F1 < F_{\text{эмп}} < F2 = 1$	

Рисунок 8 – Результаты проверки статистической гипотезы относительно равенства дисперсий  $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$  генеральных совокупностей  $X_1$  и  $X_2$

Figure 8 – The results of testing the statistical hypothesis regarding the equality of the  $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$  variances of general populations  $X_1$  and  $X_2$

Формируем две статистические гипотезы: «нулевая» (или «основная»)  $H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$  и «альтернативная» –  $H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ ; задаем уровень значимости  $\alpha = 0,05$ ; в основе проверки гипотез лежит распределение Фишера.

На рисунке 8 представлено: эмпирическое значение  $F_{\text{эмп}} = 0,831$  сравниваем с табличными значениями, полученными благодаря функциям Mathcad:  $F_1 = qF\left(\frac{\alpha}{2}, n_1 - 1, n_2 - 1\right)$  и  $F_2 = qF\left(1 - \frac{\alpha}{2}, n_1 - 1, n_2 - 1\right)$ .

Расчеты показали, что  $F_1 = 0,632 < F_{\text{эмп.}} = 0,831 < F_2 = 1,583$ , т.е. «основная» гипотеза  $H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$  не отвергается при уровне значимости  $\alpha = 0,05$ .

Равенство дисперсий позволяет продолжить проверку однородности исследуемых выборок с помощью распределения Стьюдента.

Алгоритм проверки однородности совокупностей  $X_1$  и  $X_2$  показан на рисунке 9.

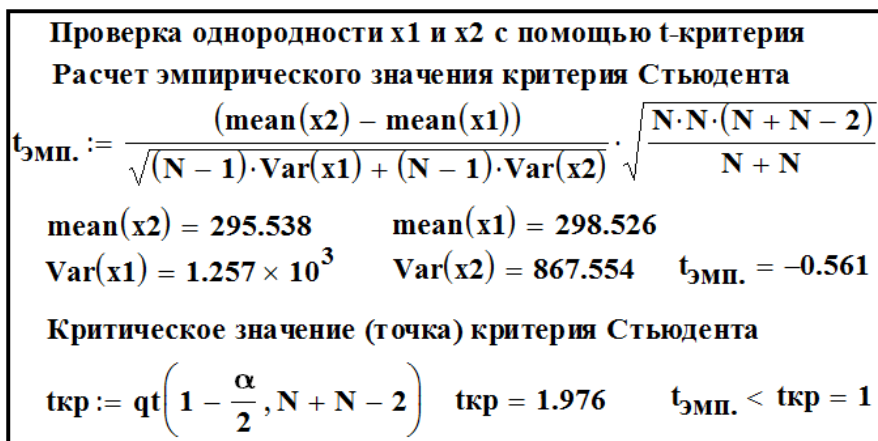


Рисунок 9 – Результаты проверки на однородность совокупностей  $X_1$  и  $X_2$  с помощью критерия Стьюдента ( $t$ -критерия)

Figure 9 – The results of the test on a homogeneous population  $X_1$  and  $X_2$  using the Student's criterion ( $t$ -criterion)

Предварительно были сформулированы две гипотезы – основная гипотеза  $H_0: m_1 = m_2$  и альтернативная –  $H_1: m_1 \neq m_2$ ; определен уровень значимости (вероятность ошибки первого рода)  $\alpha = 0.05$  и рассчитан эмпирический критерий Стьюдента по формуле, представленной на рисунке 9. Получили  $t_{\text{эмп.}} = -0,561$  (в данном случае, знак «минус» не учитывается – важен модуль критерия  $|t_{\text{эмп.}}| = 0,561$ ).

Критическое значение (критическая точка) критерия Стьюдента в зависимости от уровня значимости  $\alpha$  и числа степеней свободы  $df$  находят по специальным таблицам, а математический пакет Mathcad позволяет его найти с помощью встроенной функции  $t_{\text{кр.}} = qt(1 - \frac{\alpha}{2}, df)$ . В условиях решаемой задачи  $t_{\text{кр.}} = 1,976$ .

Проводя сравнение  $t_{\text{эмп.}}$  с  $t_{\text{кр.}}$ , убеждаемся, что  $t_{\text{эмп.}} < t_{\text{кр.}}$ , а это говорит в пользу основной гипотезы  $H_0$ , что  $m_1 = m_2$ .

Делаем статистический вывод: совокупности  $X_1$  и  $X_2$  можем считать однородными, поскольку  $m_1 = m_2$ ; в этом случае, вероятность ошибки составляет не более 5% (уверены в правильности выдвинутой гипотезы относительно однородности соответствующих совокупностей на 95%).

Процедуры обработки выборочных данных после проведения педагогического эксперимента будут разобраны на примере анализа динамики развития самостоятельности у курсантов экспериментальной группы по методике определения уровня автономности в учебной деятельности (Г.С. Прыгина).

Исходные данные по экспериментальной группе ДО и ПОСЛЕ проведения педа-

гогического исследования представлены на рисунке 10.

Результаты расчета доверительных интервалов для основных статистик данных, полученных по экспериментальным группам ДО ( $X_1$ ) и ПОСЛЕ ( $X_2$ ) проведения педагогического эксперимента, представлены на рисунке 11 (для статистик положения, т.е. математических ожиданий  $m_1$  и  $m_2$ ) и рисунке 12 (для статистик разброса, т.е.  $\sigma_1^2$ ,  $\sigma_2^2$  и  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$ ).

Анализ полученных результатов относительно доверительных интервалов статистик показал, что интервал для математических ожиданий:  $8,14 < m_1 < 8,94$  и  $9,338 < m_2 < 10,41$ ; для дисперсий:  $4,054 < \sigma_2^2 < 7,755$  и  $2,23 < \sigma_1^2 < 4,267$ ; для среднеквадратических отклонений:  $2,013 < \sigma_2 < 2,785$  и  $1,493 < \sigma_1 < 2,066$ . Во всех случаях вероятность ошибки, т.е. уровень значимости, составляет 5% ( $\alpha = 0.05$ ).

Полученные нами ранее данные по статистикам выборок  $X_1$  и  $X_2$  попадают в соответствующие доверительные интервалы (рисунок 10).

Последовательность процедур дальнейших расчетов по оценке однородности экспериментальных групп ДО ( $X_1$ ) и ПОСЛЕ ( $X_2$ ) проведения педагогического эксперимента (на примере анализа динамики развития самостоятельности у курсантов экспериментальной группы по методике определения уровня автономности в учебной деятельности) идентична приведенной выше (рисунки 6–8).

Проверяем выборки на соответствие закону Гаусса: процедуры и результаты об-

работки выборочных данных представлены на рисунке 7.

Для оценки однородности выборок экспериментальных групп ДО ( $X_1$ ) и ПОСЛЕ ( $X_2$ ) проведения педагогического эксперимента применялся критерий Стьюдента (t-критерия) (рисунок 8).

Далее, как это было сделано выше, были сформулированы две гипотезы: основная –  $H_0: m_1 = m_2$  и альтернативная гипотеза  $H_1: m_1 \neq m_2$ ; определен уровень значимости  $\alpha = 0.05$  и рассчитан эмпирический критерий Стьюдента (рисунок 13).

Результаты расчета основных статистик выборок по экспериментальной группе ДО ( $X_1$ ) и ПОСЛЕ ( $X_2$ ) проведения педагогического эксперимента			
	1		1
	8		7
	7		9
	8		10
	7		9
	6		9
	9		12
	8		11
$x_1 =$	8	$x_2 =$	8
	10		11
	13		9
	10		10
	10		8
	10		8
	10		9
	10		7
	10		14
	7		3
	7		15
	...		13
			16
			...

<b>Выборочные средние:</b>
$mean(x_1) = 8.54$
$mean(x_2) = 9.88$
<b>Выборочные дисперсии:</b>
$Var(x_1) = 3.004$
$Var(x_2) = 5.46$
<b>Выборочные среднеквадратические отклонения:</b>
$Stdev(x_1) = 1.73$
$Stdev(x_2) = 2.34$

Рисунок 10 – Результаты расчета основных статистик данных, полученных по экспериментальным группам ДО ( $X_1$ ) и ПОСЛЕ ( $X_2$ ) проведения педагогического эксперимента

Figure 10 – The results of the calculation of the main statistical data obtained by the experimental groups BEFORE ( $X_1$ ) and AFTER ( $X_2$ ) of the pedagogical experiment

Результаты расчета доверительных интервалов для математических ожиданий $m_1$ и $m_2$ экспериментальных групп ДО ( $X_1$ ) и ПОСЛЕ ( $X_2$ ) проведения педагогического эксперимента	
Уровень значимости (вероятность ошибки):	$\alpha := 0.05$
Табличное значение коэффициента Стьюдента (доверия) для соответствующего уровня значимости:	
$\gamma := qt\left(1 - \frac{\alpha}{2}, N - 1\right)$	$\gamma = 1.993$
Точности оценок математических ожиданий $m_1$ и $m_2$ :	
$\epsilon_1 := \gamma \cdot \frac{Stdev(x_1)}{\sqrt{N}}$	$\epsilon_2 := \gamma \cdot \frac{Stdev(x_2)}{\sqrt{N}}$
$\epsilon_1 = 0.399$	$\epsilon_2 = 0.538$
Нижние границы доверительного интервала для $m_1$ и $m_2$ :	
$x1_{НГ} := mean(x_1) - \epsilon_1$	$x2_{НГ} := mean(x_2) - \epsilon_2$
$x1_{НГ} = 8.14$	$x2_{НГ} = 9.338$
Верхние границы доверительного интервала для $m_1$ и $m_2$ :	
$x1_{ВГ} := mean(x_1) + \epsilon_1$	$x2_{ВГ} := mean(x_2) + \epsilon_2$
$x1_{ВГ} = 8.94$	$x2_{ВГ} = 10.41$

Рисунок 11 – Результаты расчета доверительных интервалов для математических ожиданий  $m_1$  и  $m_2$  по экспериментальным группам ДО ( $X_1$ ) и ПОСЛЕ ( $X_2$ ) проведения педагогического эксперимента

Figure 11 – The results of calculating confidence intervals for mathematical expectations  $m_1$  and  $m_2$ , for experimental groups, how much does it cost for lethal groups BEFORE ( $X_1$ ) and AFTER ( $X_2$ ) to conduct a pedagogical experiment

<p>Результаты расчета доверительных интервалов для дисперсии и среднеквадратических отклонений генеральных совокупностей по результатам обработки экспериментальных групп ДО (X1) и ПОСЛЕ (X2) проведения педагогического эксперимента Уровень значимости (вероятность ошибки): <math>\alpha := 0.05</math> Критерии Пирсона для расчета границ доверительного интервала:</p>	
$\chi^2_{1нг} := \text{qchisq}\left(1 - \frac{\alpha}{2}, N - 1\right)$	$\chi^2_{1нг} = 99.68$
$\chi^2_{1вг} := \text{qchisq}\left(\frac{\alpha}{2}, N - 1\right)$	$\chi^2_{1вг} = 52.1$
<p>Границы доверительных интервалов для дисперсии и среднеквадратического отклонения генеральной совокупности X1:</p>	
$\sigma^2_{1вг} := \frac{(N - 1) \cdot \text{Var}(x2)}{\chi^2_{1вг}}$	$\sigma^2_{1вг} = 7.755$
$\sigma^2_{1нг} := \frac{(N - 1) \cdot \text{Var}(x2)}{\chi^2_{1нг}}$	$\sigma^2_{1нг} = 4.054$
$\sigma_{1нг} := \sqrt{\sigma^2_{1нг}}$	$\sigma_{1нг} = 2.013$
$\sigma_{1вг} := \sqrt{\sigma^2_{1вг}}$	$\sigma_{1вг} = 2.785$

Рисунок 12 – Результаты расчета доверительных интервалов для дисперсий –  $(\sigma_1^2, \sigma_2^2)$  и среднеквадратических отклонений –  $(\sigma_1, \sigma_2)$  по экспериментальным группам ДО (X1) и ПОСЛЕ (X2) проведения педагогического эксперимента

Figure 12 – The results of calculating confidence intervals for variances –  $(\sigma_1^2, \sigma_2^2)$  and standard deviations –  $(\sigma_1, \sigma_2)$  for experimental groups BEFORE (X1) and AFTER (X2) conducting a pedagogical experiment

<p>Расчет эмпирического значения критерия Стьюдента для статистического исследования выборок на однородность</p>		
$t_{\text{эмп.}} := \frac{(\text{mean}(x2) - \text{mean}(x1))}{\sqrt{(N - 1) \cdot \text{Var}(x1) + (N - 1) \cdot \text{Var}(x2)}} \cdot \sqrt{\frac{N \cdot N \cdot (N + N - 2)}{N + N}}$		
$\text{mean}(x2) = 9.876$	$\text{mean}(x1) = 8.539$	
$\text{Var}(x2) = 5.46$	$\text{Var}(x1) = 3.004$	$t_{\text{эмп.}} = 3.98$
<p>Критическое значение (точка) критерия Стьюдента</p>		
$t_{\text{кр}} := \text{qt}\left(1 - \frac{\alpha}{2}, N + N - 2\right)$	$t_{\text{кр}} = 1.976$	$t_{\text{эмп.}} < t_{\text{кр}} = 0$

Рисунок 13 – Результаты проверки на однородность совокупностей по экспериментальным группам ДО (X1) и ПОСЛЕ (X2) проведения педагогического эксперимента с помощью критерия Стьюдента (t-критерия)

Figure 13 – The results of testing on a homogeneous population according to experimental data BEFORE (X1) and AFTER (X2) conducting a pedagogical experiment using the Student's criterion (t-criterion)

Как видим,  $t_{\text{эмп.}} = 3,98 > t_{\text{кр.}} = 1,976$ , что говорит в пользу альтернативной гипотезы  $H_1: m_1 \neq m_2$  с возможностью ошибиться не более, чем на 5%.

Рассчитываем увеличение математического ожидания исследуемого показателя по формуле (4):

$$\Delta = \frac{m_2 - m_1}{m_1} = \frac{9,876 - 8,539}{8,539} = 0,157. \quad (4)$$

Вывод:

Показатель динамики развития самостоятельности у курсантов в процессе изучения гуманитарных дисциплин экспериментальной группы по методике определения уровня автономности в учебной деятельности вырос на 15,7%.

**Заключение**

Таким образом, проведенный эксперимент показал, что разработанная техноло-

гия развития самостоятельности курсантов в процессе изучения гуманитарных дисциплин создает условия для самостоятельной постановки цели курсантом, подбора содержания информации, выбора способов деятельности и критического анализа полученного результата. Важно, чтобы будущий специалист был активным субъектом в своей учебно-познавательной деятельности, самостоятельно развивался, а значит, приобретал компетенцию жить и действовать в постоянно меняющихся социальных условиях, принимая независимые управленческие решения, опираясь на принципы гуманизма.

Самосознание курсанта совместно с самоуправлением представляет собой основополагающий базис образования самостоятельности. При этом деятельност-

ная составляющая самостоятельности успешно реализуется с согласованным регулированием психических процессов совместно с генерированием условий, в которых она релевантно отражается.

Таким образом, можно сделать следующие выводы: выборки обеих групп однородны в начале эксперимента; на заключительном этапе, используя *t*-критерии Стьюдента, было доказано, что уровни групп уже неоднородны. Следовательно, по результатам проведенного исследования доказана статистическая значимость гипотезы проведенного эксперимента.

Необходимо также отметить, что применение математического пакета Mathcad повышает оперативность и эффективность оценки педагогических технологий и методик.

### **Список источников**

1. Сиденко А. С. Педагогический эксперимент: от идеи до разработки. Ярославль-Москва: Канцлер, 2020. С. 128–147.
2. Коржан Э. А. Методика проведения педагогического научно-исследовательского эксперимента в военном вузе // Теория и практика общественного развития 2015. № 10. С. 241–243.
3. Игнатъев А. О. Исследование становления самостоятельности курсантов военных вузов // Человек и образование. 2024. № 2 (79). С. 73–80.
4. Большакова Л. В. Теория проверки статистических гипотез при математико-статистическом исследовании педагогических проблем / Л. В. Большакова, Н. А. Яковлева // Вестник Санкт-Петербургского университета МВД России, 2016. № 4 (72). С. 149–157.
5. Грабарь М. И. Применение математической статистики в педагогических исследованиях: Непараметрические методы / М. И. Грабарь, К. А. Краснянская М. : Педагогика, 1977. 136 с.
6. Новиков Д. А. Статистические методы в педагогических исследованиях (типовые случаи). М. : МЗ-Пресс, 2004. С. 27–34.
7. Бабухин М. А. Развитие самостоятельности обучающихся, как педагогическая проблема: историко-педагогический анализ // Международные педагогические и гуманитарные научные чтения: сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф., 26–27 апреля 2018 г. / Шадринск : ШГПУ, 2018. С. 79–86.
8. Горшкова В. В. Феномен образования человек: избранные научные труды. СПб. : Астерион, 2020. С. 117–132.
9. Карданова Е. Ю. Моделирование и параметризация тестов: основы теории и приложения. М. : ФГУ «Федеральный центр тестирования», 2008. 134 с.
10. Карданова Е. Ю. Специальные методы анализа результатов тестирования, основанные на свойстве объективности моделей Раша. Информационные технологии / Е. Ю. Карданова, В. Б. Карпинский. М., 2008. 88 с.
11. Стариченко Б. Е. Обработка и представление данных педагогических исследований с помощью компьютера. Екатеринбург: Уральский государственный педагогический университет, 2004. С. 77.
12. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учебник для прикладного бакалавриата. 12-е изд. М. : Юрайт, 2015. 480 с.
13. Ванягина М. Р. Диагностический инструментарий опытно-экспериментального обучения курсантов иностранному языку в высшей военной школе / М. Р. Ванягина, А. И. Примакин // Вестник Санкт-Петербургского военного института войск национальной гвардии. 2024. № 2 (27). С. 173–185. URL: <https://vestnik-spvi.ru/2024/06/018.pdf>. EDN: RZAZJF.

14. Вайнштейн И. И. Теория вероятностей и математическая статистика. Методы математической статистики и их реализация в среде Mathcad / И. И. Вайнштейн, Т. А. Кустичкая. Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2012. 88 с.
15. Черных А. К. Математические методы в психологии: учебное пособие / А. К. Черных, Н. В. Ярмоленко, С. Е. Сычев [и др.]. СПб. : Изд-во СПВИ войск национальной гвардии, 2020. 91 с. Ч. 3.
16. Большакова Л. В. Математико-статистические методы обработки экспериментальных данных при проведении научных исследований: методические рекомендации / Л. В. Большакова, А. И. Примакин, Н. А. Яковлева. СПб. : Изд-во СПб университета МВД России, 2014. 92 с.
17. Большакова Л. В. Теория проверки статистических гипотез при математико-статистическом исследовании педагогических проблем / Л. В. Большакова, Н. А. Яковлева // Вестник Санкт-Петербургского университета МВД России. 2016. № 4 (72). С. 149–157.
18. Ермолаев-Томин О. Ю. Математические методы в психологии: учебник. 5-е изд., испр. и доп. М. : Изд-во Юрайт, 2014. 511 с.
19. Алябьева С. В. MathCAD для студентов: учебный практикум / С. В. Алябьева, Е. П. Борматова, М. В. Данилова. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ. 2007. 154 с.
20. Корниенко В. С. Математическая статистика. Решение задач по теме: «Проверка статистических гипотез»: методическая разработка / Волгоград: Волгоградская Государственная сельскохозяйственная академия, 2010. 68 с.

### References

1. Sidenko A. S. Pedagogicheskij eksperiment: ot idei do razrabotki. YAroslavl'-Moskva: Kancler, 2020. S. 128–147. (In Russ.).
2. Korzhan E. A. Methods of conducting a pedagogical research experiment in a military university // Teoriya i praktika obshchestvennogo razvitiya 2015;10: 241–243. (In Russ.).
3. Ignat'ev A. O. Study of the Formation of Independence of Cadets of Military Universities // Chelovek i obrazovanie. 2024;2 (79): 73–80. (In Russ.).
4. Bol'shakova L. V. Teoriya proverki statisticheskikh gipotez pri matematiko-statisticheskom issledovanii pedagogicheskikh problem / L. V. Bol'shakova, N. A. YAKovleva // Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta MVD Rossii, 2016;4 (72): 149–157. (In Russ.).
5. Grabar' M. I. Primenenie matematicheskoy statistiki v pedagogicheskikh issledovaniyah: Neparаметрические методы / М. I. Grabar', K. A. Krasnyanskaya M. : Pedagogika, 1977. 136 s. (In Russ.).
6. Novikov D. A. Statisticheskie metody v pedagogicheskikh issledovaniyah (tipovye sluchai). M. : MZ-Press, 2004. S. 27–34. (In Russ.).
7. Babuhin M. A. Razvitie samostoyatel'nosti obuchayushchihsya, kak pedagogicheskaya problema: istoriko-pedagogicheskij analiz // Mezhdunarodnye pedagogicheskie i gumanitarnye nauchnye chteniya: sb. materialov Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., 26–27 aprelya 2018 g. / SHadrinsk : SHGPU, 2018. S. 79–86. (In Russ.).
8. Gorshkova V. V. Fenomen obrazovaniya chelovek: izbrannye nauchnye trudy. SPb. : Asterion, 2020. S. 117–132. (In Russ.).
9. Kardanova E. YU. Modelirovanie i parametrizatsiya testov: osnovy teorii i prilozheniya. M. : FGU «Federal'nyj centr testirovaniya», 2008. 134 s. (In Russ.).
10. Kardanova E. YU. Special'nye metody analiza rezul'tatov testirovaniya, osnovannye na svoystve ob'ektivnosti modelej Rasha. Informacionnye tekhnologii / E. YU. Kardanova, V. B. Karpinskij. M., 2008. 88 s. (In Russ.).
11. Starichenko B. E. Obrabotka i predstavlenie dannyh pedagogicheskikh issledovaniy s pomoshch'yu komp'yutera. Ekaterinburg: Ural'skij gosudarstvennyj pedagogicheskij universitet, 2004. S. 77. (In Russ.).
12. Gmurman V. E. Teoriya veroyatnostej i matematicheskaya statistika: uchebnik dlya prikladnogo bakalavriata. 12-e izd. M. : YUrajt, 2015. 480 s. (In Russ.).
13. Vanyagina M. R. Diagnosticheskij instrumentarij opytno-eksperimental'nogo obucheniya kursantov inostrannomu yazyku v vysshej voennoj shkole / M. R. Vanyagina, A. I. Primakin // Vestnik Sankt-Peterburgskogo voennogo instituta vojsk nacional'noj gvardii. 2024. № 2 (27). S. 173–185. Available from: <https://vestnik-spvi.ru/2024/06/018.pdf>. EDN: RZAZJF. (In Russ.).
14. Vajnshtejn I. I. Teoriya veroyatnostej i matematicheskaya statistika. Metody matematicheskoy statistiki i ih realizatsiya v srede Mathcad / I. I. Vajnshtejn, T. A. Kustickaya. Krasnoyarsk: Sibirskij federal'nyj universitet, 2012. 88 s. (In Russ.).

15. Chernykh A. K. Matematicheskie metody v psihologii: uchebnoe posobie / A. K. Chernykh, N. V. Yarmolenko, S. E. Sychev [i dr.]. SPb. : Izd-vo SPVI vojsk nacional'noj gvardii, 2020. 91 s. CH. 3. (In Russ.).

16. Bol'shakova L. V. Matematiko-statisticheskie metody obrabotki eksperimental'nykh dannykh pri provedenii nauchnykh issledovaniy: metodicheskie rekomendacii / L. V. Bol'shakova, A. I. Primakin, N. A. Yakovleva. SPb. : Izd-vo SPb universiteta MVD Rossii, 2014. 92 s. (In Russ.).

17. Bol'shakova L. V. Teoriya proverki statisticheskikh gipotez pri matematiko-statisticheskom issledovanii pedagogicheskikh problem / L. V. Bol'shakova, N. A. Yakovleva // Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta MVD Rossii. 2016;4 (72): 149–157. (In Russ.).

18. Ermolaev-Tomin O. YU. Matematicheskie metody v psihologii: uchebnyk. 5-e izd., ispr. i dop. M. : Izd-vo YUrajt, 2014. 511 s.

19. Alyab'eva S. V. MathCAD dlya studentov: uchebnyj praktikum / S. V. Alyab'eva, E. P. Bormatova, M. V. Danilova. Petrozavodsk: Izd-vo PetrGU. 2007. 154 s. (In Russ.).

20. Kornienko V. S. Matematicheskaya statistika. Reshenie zadach po teme: «Proverka statisticheskikh gipotez»: metodicheskaya razrabotka / Volgograd: Volgogradskaya. Gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya, 2010. 68 s. (In Russ.).

### **Информация об авторах**

### **Information about the authors**

**А. И. Примакин** – доктор технических наук, профессор

**A. I. Primakin** – Doctor of Sciences (Technical), Professor

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 14.10.2024; одобрена после рецензирования 22.11.2024; принята к публикации 23.12.2024.

The article was submitted 14.10.2024; approved after reviewing 22.11.2024; accepted for publication 23.12.2024.