

Научная статья

УДК 37.026.3:519.2

EDN: RZAZJF



МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ ОБРАБОТКИ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ ОПЫТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ КУРСАНТОВ ИНОСТРАННОМУ ЯЗЫКУ В ВЫСШЕЙ ВОЕННОЙ ШКОЛЕ

Марина Романовна Ванягина¹, Алексей Иванович Примакин²

^{1, 2} Санкт-Петербургский военный ордена Жукова институт войск национальной гвардии, Санкт-Петербург, Россия

¹ marmalkina@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8492-3520>

² a.primakin@mail.ru

Аннотация. В статье представлен один из важных аспектов проведения педагогического эксперимента – применение математических методов статистической обработки данных экспериментального обучения на примере профессионально ориентированного иноязычного обучения курсантов военных образовательных организаций согласно авторской концепции. Рассматривается проверка валидности научных гипотез и эффективности концепции иноязычного обучения на основании применения математических алгоритмов в среде интегрированного математического пакета Mathcad при обработке результатов педагогического эксперимента. Сравнение статистических показателей выборок по экспериментальным и контрольным группам, 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 проведения экспериментального обучения или эффективность применяемой методики.

Ключевые слова: педагогический эксперимент, иноязычное обучение, высшая военная школа, статистические гипотезы и критерии, алгоритмы обработки статистической информации, интегрированный математический пакет Mathcad

Для цитирования: Ванягина М.Р., Примакин А.И. Математический инструментарий обработки статистических данных опытно-экспериментального обучения курсантов иностранному языку в высшей военной школе // 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.

THEORY AND METHODOLOGY OF EDUCATION (BY FIELDS AND LEVELS OF EDUCATION)

Original article

MATHEMATICAL TOOLS FOR PROCESSING STATISTICAL DATA OF EXPERIMENTAL FOREIGN LANGUAGE TEACHING OF THE HIGHER MILITARY SCHOOL CADETS

Marina R. Vanyagina¹, Alexey I. Primakin²

^{1, 2} Saint-Petersburg Military Order of Zhukov Institute of the National Guard Troops, Saint-Petersburg, Russia

¹ marmalkina@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8492-3520>

² a.primakin@mail.ru

Abstract. The article considers one of the important aspects of the pedagogical experiment – the application of mathematical methods of statistical processing of experimental teaching data on the example of professionally oriented foreign language teaching of the cadets of military educational organizations according to the author's conception. The paper deals with the verification of the scientific hypotheses validity and the effectiveness of the foreign language teaching conception based on mathematical algorithms application in the program of the integrated mathematical package Mathcad when processing the results of the pedagogical experiment. The comparison of statistical indicators of samples of experimental and control groups, calculation of statistical criteria and their comparison with critical values allow accepting or rejecting the relevant hypotheses according to the certain level of significance, thereby assessing the validity of the sample of students for experimental teaching or the effectiveness of the applied methodology.

Keywords: pedagogical experiment, foreign language teaching, higher military school, statistical hypotheses and criteria, algorithms of processing statistical information, integrated Mathcad mathematical package

For citation: Vanyagina M.R., Primakin A.I. Mathematical tools for processing statistical data of experimental foreign language teaching of the higher military school cadets. Vestnik Sankt-Peterburgskogo voennogo instituta vojsk nacional'noj gvardii. 2024;2(27): 173–185. (In Russ.). Available from: <https://vestnik-spvi.ru/2024/06/018.pdf>. EDN: RZAZJF.

© Ванягина М.Р., Примакин А.И., 2024

Введение

Опытно-экспериментальное обучение как один из видов педагогического эксперимента призвано доказать на практике состоятельность научной гипотезы педагога-исследователя. Несмотря на то, что исследования в педагогической науке могут преследовать разные цели и быть весьма разноплановыми, если «исследование связано с изменениями в процессе обучения и воспитания, то эксперимент обязателен» [1, С. 350]. Для фиксации изменений в ходе проведения эксперимента применяется валидный математический инструментарий. В данной статье мы рассматриваем важный аспект проведения педагогического эксперимента, связанный с математической обработкой данных, на примере опытно-экспериментального профессионально ориентированного иноязычного обучения курсантов высшей военной школы для верификации авторской концепции.

Педагогический эксперимент представляет собой «научно организованный опыт преподавания в некотором количестве групп (классов) испытуемых обучающихся, проводимый с целью проверки выдвинутых научно-методических положений, принципов, гипотез» [2, С. 5]. Эксперимент связан с новыми способами организации процесса обучения и воспитания. К ним могут относиться «разработка и опробование новых программ обучения, освоение нетрадиционных технологий или методик» [3, С. 84] и др. Педагогический эксперимент состоит из нескольких этапов: планирующего, практического, аналитического и внедренческого [4].

На первом планирующем этапе выдвигается гипотеза, разрабатывается концепция эксперимента, определяются его цели, задачи, этапы, участники, площадка, форма проведения, используемый диагностический инструментарий.

Практический этап – непосредственное проведение экспериментального обучения выбранных обучающихся. Выборка обучающихся, как правило, состоит из двух групп. Первая группа (экспериментальные группы) представлена теми, к кому будет применена авторская методика, а вторая

группа (контрольные группы) служит образцом для сравнения итоговых результатов обучения и воспитания: «чтобы выделить в явном виде результат целенаправленного воздействия на исследуемый объект, необходимо взять аналогичный объект и посмотреть, что происходит с ним в отсутствии воздействий» [5, С. 9].

На этапе выбора групп перед исследователем стоят две важные задачи. Первая связана с необходимостью определить возможность представления с помощью данной выборки всей генеральной совокупности обучающихся в рамках исследования. Вторая призвана показать, что экспериментальные и контрольные группы имеют примерно равный в пределах погрешности показатель того качества, свойства, компетенции, которые необходимо развивать в процессе эксперимента, для чего проводится входной срез по искомому качеству. Обе эти задачи решаются с помощью математических методов обработки статистических данных.

На третьем аналитическом этапе проводится итоговый срез, исследователь констатирует и анализирует полученные в результате эксперимента данные и делает выводы о состоятельности гипотезы. Как правило, ожидается, что в экспериментальных группах прогресс более значительный, чем в контрольных, тогда можно утверждать, что авторская методика показала свою эффективность. В данном случае также используется диагностический инструментарий с применением математических методов. Диагностический инструментарий основан на «показателях – наблюдаемых и поддающихся фиксации результатам» [4, С.127], которые измеряются по определенным критериям, обоснованных автором методики. На основании критериев показателей устанавливается уровень рассматриваемого качества обучающихся. В рамках данного исследования у курсантов определялся уровень владения иноязычной коммуникативной компетенцией.

Применение математических методов обработки статистических данных педагогического эксперимента целесообразно

проводить «с использованием программно-инструментальных средств, что позволит наладить эффективную работу по отслеживанию динамики развития каждой компетенции обучающегося, учебной группы» [6, С. 23]. В связи с этим в статье описываются алгоритмы проверки статистических гипотез опытно-экспериментального иноязычного обучения курсантов в среде интегрированного математического пакета Mathcad, что способствует автоматизации обработки результатов эксперимента.

Материалы и методы

Рассматривается эмпирический метод педагогического исследования – опытно-экспериментальное обучение, в частности, один из его важных аспектов, который является сложным для представителей гуманитарных наук и поэтому вызывает необходимость тщательного рассмотрения, это математические методы обработки статистических данных педагогического эксперимента.

Педагогический эксперимент в виде опытно-экспериментального обучения иностранному языку курсантов Санкт-Петербургского военного ордена Жукова института войск национальной гвардии и Михайловской военной артиллерийской академии осуществлялся для верификации научной гипотезы в ходе практической апробации концепции профессионально ориентированного иноязычного обучения в высшей военной школе в 2017–2022 гг. Концепция основана на интегративно-рекомбинационном подходе и реализации комплекса педагогических технологий, обусловленных характеристиками военной образовательной среды [7]. Организация экспериментального обучения осуществлялась согласно классическим положениям теории педагогического эксперимента [2–5], было смоделировано иноязычное обучение в группах с описанными в авторской концепции характеристиками и педагогическими условиями обучения.

Диагностический инструментальный оценивания уровня иноязычной коммуникативной компетенции основывается на авторской методике, опирающейся на разработки в области создания экзамена по профессионально ориентированной иноязычной коммуникативной компетентности выпускников вузов [8], с учетом комплексирования 100-балльной системы оценивания коммуникативных заданий, шкалы общеевропейских компетенций владения иностранным языком от A1 до C2 (CEFR) и шкалы уровней владения английским языком военных специалистов по

международному договору STANAG 6001 [9]. Статистические данные эксперимента на основании балльных показателей выполнения курсантами коммуникативных заданий просчитывались с помощью математического инструментария в программе Mathcad.

В качестве математического инструментария опытно-экспериментального обучения курсантов иностранному языку в высшей военной школе предлагается использовать алгоритмы и процедуры статистической обработки опытных данных, в частности, в области выдвижения предположений и проверки статистических гипотез относительно основных оценок исследуемых параметров (статистик) – количественных признаков генеральной совокупности [10, 11].

Статистическая гипотеза связана с возможностью распространения результатов обработки выборки на всю генеральную совокупность исследуемых объектов с учетом определенного уровня значимости, т. е. с возможностью ошибиться не более чем на 5 % ($\alpha = 0,05$) относительно уровня владения иностранным языком курсантами и степенью развития у них иноязычной коммуникативной компетенции [12].

В рамках данной статьи важна однородность или отсутствие таковой у выборок контрольной и экспериментальной групп до начала и после опытно-экспериментального обучения курсантов иностранному языку [13].

Основные положения

На начальном этапе опытно-экспериментального обучения перед нами стояла задача создать две валидные выборки из курсантов для участия в педагогическом эксперименте. Были сформированы две выборки, в каждой из которых было по 150 обучающихся, т. е. каждая выборка состояла из десяти экспериментальных групп (первая выборка – x_1) и десяти контрольных групп (вторая выборка – x_2) по 15 курсантов в каждой группе. На данном этапе эксперимента также необходимо было определить уровень языковой подготовки выбранных курсантов. Для этого был проведен входной срез, состоящий из трех заданий: лексико-грамматического теста, коммуникативного задания и задания на работу с информацией из текста. Максимальное количество баллов, выполненных за все задания курсантами, составило 100. После подсчета баллов за выполненные задания у каждого курсанта с привлечением экспертов, данные обрабатывались с помощью математического инструментария.

Последовательность применяемого математического инструментария сводилась к следующим этапам статистической обработки сформированных выборок [14, 15]:

1. Нахождение числовых характеристик исследуемой случайной величины – характеристики положения (средние значения количества баллов, полученных курсантами) и рассеяния (дисперсии и средние квадратические отклонения). Поскольку обработка результатов опытно-экспериментального обучения курсантов проводилась в среде интегрированного математического пакета

Mathcad, целесообразно привести соответствующие обозначения переменных и встроенных в программу функций: средних выборочных ($\bar{x}_1, \bar{x}_2 - mean(x)$); дисперсий ($SS_1, SS_2 - Var(x)$); средних квадратических отклонений по каждой из выборок ($S_1, S_2 - Stdev(x)$) [16, 17].

Результаты статистической обработки двух сформированных выборок, выполненной в программе Mathcad, представлены на рисунке 1.

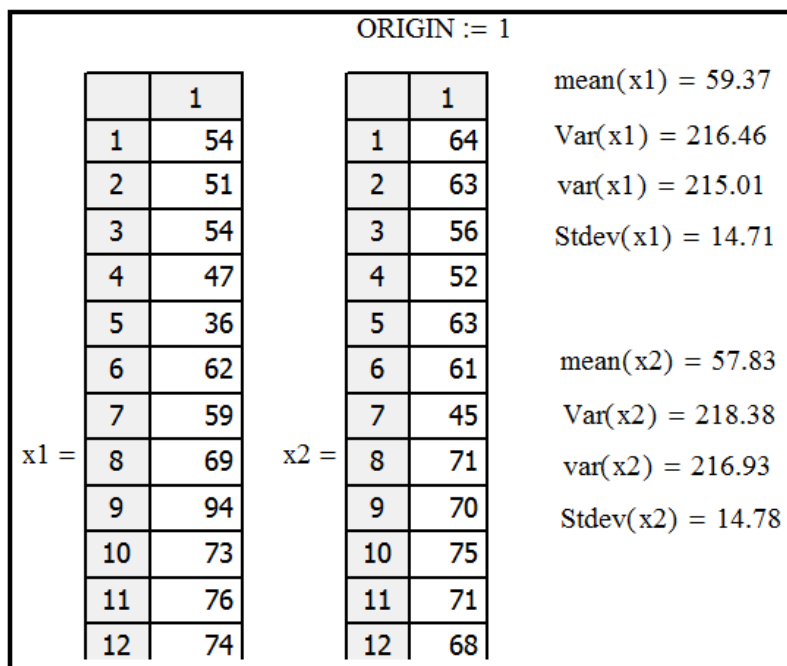


Рисунок 1 – Результаты статистической обработки двух сформированных выборок

Figure 1 – The results of statistical processing of two generated samples

2. Нахождение доверительных интервалов для математических ожиданий m_1 и m_2 двух генеральных совокупностей по \bar{x}_1 и \bar{x}_2 при уровне значимости $\alpha = 0,05$, представляющих все объекты в рамках исследования, в нашем случае курсантов высшей военной школы. Доверительные интервалы найдены в программе Mathcad и представлены на рисунке 2 [18].

Математические ожидания m_1 и m_2 с доверительной вероятностью (надежностью) 95 % находятся в соответствующих интервалах:

$$57,0 < m_1 < 61,7 \text{ и } 55,5 < m_2 < 60,2.$$

На рисунке 2 в качестве условных обозначений представлены следующие величины: γ – коэффициент Стьюдента (доверия) для соответствующего уровня значимости α , получаемый в программе Mathcad с помощью встроенной функции $qt(1 - \frac{\alpha}{2}, df)$;

ε_1 и ε_2 – точности оценок математических ожиданий m_1 и m_2 двух генеральных совокупностей; «хнп» и «хвп» – нижняя и верхняя границы доверительного интервала; M – объем выборок x_1 и x_2 .

3. Выполнение алгоритмов расчета дискретных статистических рядов и построение гистограмм на начальном этапе, т. е. перед проведением опытно-экспериментального обучения курсантов. Данный этап представлен на рисунке 3. Автоматизация проведения расчётов и построения необходимых графиков существенно упрощается и обеспечивает удобную и понятную визуализацию результатов благодаря программе Mathcad.

Для наглядности соответствия распределения эмпирических данных нормальному закону распределения случайной величины на

гистограмме изображен график плотности распределения вероятности случайной величины с соответствующими параметрами,

который легко строится в Mathcad с помощью функции $dnorm(x, m, \sigma)$.



Рисунок 2 – Результат нахождения доверительного интервала для математических ожиданий m_1 и m_2 двух генеральных совокупностей по \bar{x}_1 и \bar{x}_2 при уровне значимости $\alpha = 0,05$

Figure 2 – The result of finding the confidence interval for the mathematical expectations m_1 and m_2 of two sampled populations for \bar{x}_1 and \bar{x}_2 at the significance level $\alpha = 0,05$

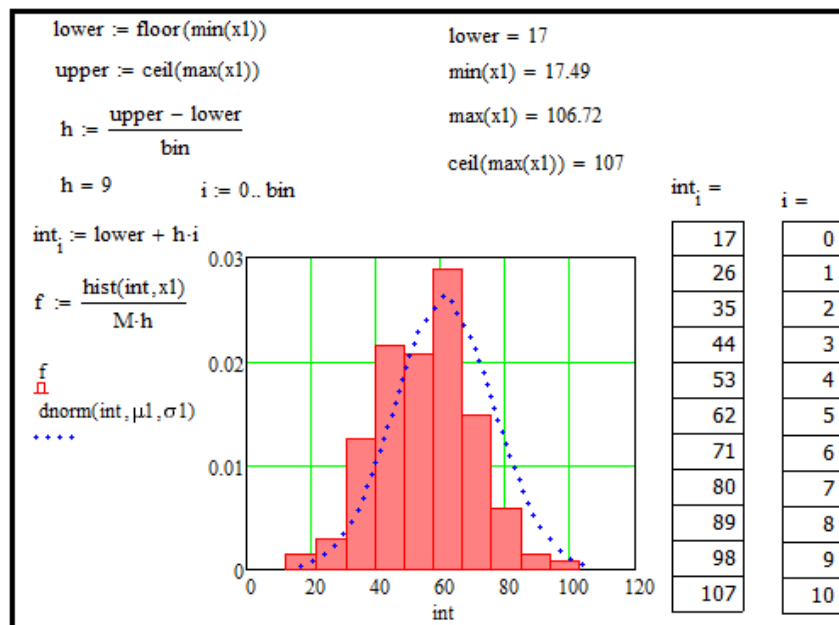


Рисунок 3 – Алгоритмы расчета дискретного статистического ряда и построения гистограммы

Figure 3 – The algorithms of calculating the discrete statistical series and constructing the histogram

4. Выполнение алгоритма проверки соответствия эмпирических данных тому или иному закону распределения проводится с помощью специально подобранной случайной величины – критерия согласия. Анализ рисунка 3 позволяет нам выдвинуть статистическую гипотезу соответствия распределения эмпирических данных нормальному закону распределения, выбрав за основу критерий

согласия Пирсона, который, как правило, применяется при больших объемах выборки ($n > 30$), в нашем случае $n = 150$.

Расчет эмпирического значения критерия Пирсона проводят по формуле (1):

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

где m_i – эмпирические частоты i -ого интервала; $n \cdot P_i$ – теоретические частоты i -ого интервала; k – количество интервалов.

$m\Gamma^T = (2.165 \ 10.468 \ 28.603 \ 44.23 \ 38.736 \ 19.209 \ 5.387 \ 0.853)$
 $H^{(1)T} = (2 \ 8 \ 37 \ 34 \ 45 \ 19 \ 4 \ 1)$ $mT_0 = 2.165 \quad (H^{(1)})_0 = 2$
 Расчет эмпирического критерия Пирсона:

$$\chi := \sum_{i=0}^{N-1} \frac{[m\Gamma_i - (H^{(1)})_i]^2}{m\Gamma_i} \quad \chi = 6.824$$

 Расчет числа степеней свободы:
 $r := N - 1 - 2 \quad r = 5$
 $\alpha := 0.05$
 Расчет критической точки по критерию Пирсона: $qchisq(1 - \alpha, r) = 11.07$

Рисунок 4 – Алгоритм проверки соответствия эмпирических данных нормальному закону распределения с помощью критерия согласия Пирсона

Figure 4 – The algorithm of verifying the compliance of empirical data with the normal distribution law using the Pearson agreement criterion

Соотношение эмпирического с критическим значением критерия Пирсона позволяет принять (или отклонить) статистическую гипотезу о нормальном распределении изучаемой случайной величины. В среде интегрированного математического пакета Mathcad критическое значение соответствующего критерия определяется по встроенной функции: $\chi_{кр.} = qchisq(p, df)$.

Представленная на рисунке 4 заключительная часть алгоритма проверки соответствия эмпирических данных нормальному закону распределения позволяет принять гипотезу о нормальном законе распределения, поскольку эмпирическое значение критерия Пирсона $\chi = 6,82$ меньше критического значения $\chi_{кр.} = 11,07$. Это позволяет в дальнейшем обоснованно применять статистические критерии, с соответствующим законом распределения вероятностей, по математическому обоснованию однородности (или отсутствию таковой) контрольной и экспериментальной выборок.

5. Выявление однородности у выборок контрольной и экспериментальной групп до проведения опытно-экспериментального обучения курсантов иностранному языку. Исследуемая статистическая гипотеза касалась проверки равенства средних значений (математических ожиданий – m_1 и m_2) генеральных совокупностей, из которых сформированы первая и вторая выборки x_1 и x_2 .

Выбор статистического критерия, по которому отвергается или не отвергается выдвигаемая гипотеза, зависит от знания нами дисперсий генеральных совокупностей (σ_1^2, σ_2^2).

Если дисперсии известны, то в качестве статистического критерия проверки гипотезы принимается величина (2):

$$Z = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}} \quad (2)$$

где n_1 и n_2 – объемы первой и второй выборок.

Данная величина Z сравнивается с табличным значением функции Лапласа ($z_{кр.}$), которую в среде интегрированного математического пакета Mathcad можно определить с помощью функции: $z_{кр.} = qnorm(p, 0, 1)$.

В нашем случае, когда дисперсии генеральных совокупностей неизвестны, рассматриваемая статистика (t -критерий Стьюдента) будет подчиняться распределению Стьюдента с числом степеней свободы $k = n_1 + n_2 - 2$.

Для корректности расчетов необходимо проверить возможное равенство друг другу дисперсий соответствующих генеральных совокупностей ($\sigma_1^2 = \sigma_2^2$). Подобная процедура связана с проверкой статистической гипотезы о равенстве дисперсий по критерию Фишера-Снедекора [19].

Алгоритм проверки любой статистической гипотезы начинается с формулировки нулевой (H_0) и альтернативной (H_1) гипотез: $H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2, H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ при заданном уровне значимости ($\alpha = 0.05$).

За основу принимается распределение Фишера со степенями свободы $df_1 = n_1 - 1$ и $df_2 = n_2 - 1$, а расчет эмпирического статистического критерия Фишера определяется формулой (3):

$$F_{\text{эмп.}} = \frac{SS_1}{SS_2} \quad (3)$$

Гипотеза H_0 не отвергается, когда $F_1 < F_{\text{эмп.}} < F_2$ при уровне значимости $\alpha = 0.05$.

В среде интегрированного математического пакета Mathcad критические точки F_1 и F_2 определяем с помощью функций:

$$F_1 = qF\left(\frac{\alpha}{2}, n_1 - 1, n_2 - 1\right)$$

$$\text{и } F_2 = qF\left(1 - \frac{\alpha}{2}, n_1 - 1, n_2 - 1\right).$$

Результаты проведенных расчетов (рисунок 5) показали, что $F_{\text{эмп.}} = 1,107$ находится в диапазоне от $F_1 = 0,724$ до $F_2 = 1,38$, что позволяет не отвергнуть статистическую гипотезу $H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$ при $\alpha = 0.05$.

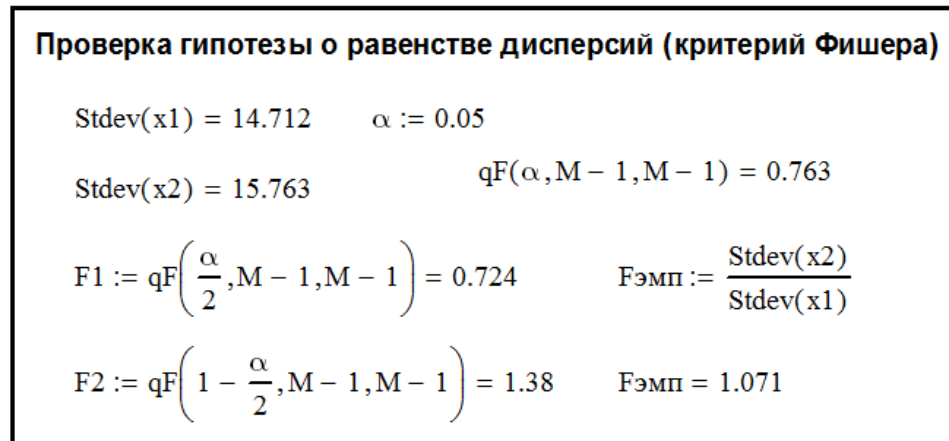


Рисунок 5 – Результаты проверки статистической гипотезы о равенстве дисперсий генеральных совокупностей по критерию Фишера-Снедекора

Figure 5 – The results of testing the statistical hypothesis on the variances equality of the sampled populations according to the Fisher-Snedekor criterion

Данное обоснование позволяет нам вернуться к проверке статистической гипотезы о равенстве математических ожиданий m_1 и m_2 исследуемых генеральных совокупностей, приняв за основу распределение Стьюдента с числом степеней свободы $k = n_1 + n_2 - 2$.

Сформулируем статистические гипотезы: $H_0: m_1 = m_2, H_1: m_1 \neq m_2$.

Эмпирическое значение критерия Стьюдента ($t_{\text{эмп.}}$) рассчитывается по формуле (4) [20]:

$$t_{\text{эмп.}} = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}{\sqrt{\frac{n_1 \cdot SS_1 + n_2 \cdot SS_2}{n_1 + n_2 - 2} \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}} \quad (4)$$

В среде интегрированного математического пакета Mathcad критическую точку $t_{\text{кр.}}$ определяем с помощью функции: $t_{\text{кр.}} = qt\left(1 - \frac{\alpha}{2}, k\right)$.

Гипотеза $H_0: m_1 = m_2$ не отвергается тогда, когда $t_{\text{эмп.}} < t_{\text{кр.}}$ при уровне значимости $\alpha = 0.05$, т. е. доля возможной ошибки в процессе распространения результатов обработки выборок на генеральные совокупности составляет не более 5%.

Результаты проведенных расчетов в среде интегрированного математического пакета Mathcad (рисунок 6) показали, что

$t_{\text{эмп.}} = 0,902 < t_{\text{кр.}} = 1,976$, т. е. гипотеза $H_0: m_1 = m_2$ не отвергается при $\alpha = 0.05$.

По полученным результатам можно сделать вывод об однородности выборок контрольных и экспериментальных групп перед началом опытно-экспериментального обучения курсантов иностранному языку в высшей военной школе. Это позволило утверждать, что выбранные группы можно использовать для опытно-экспериментального обучения.

Следующая часть применения математического инструментария связана с итоговым этапом проведения опытно-экспериментального иноязычного обучения курсантов. В этом случае на основании разработанного диагностического инструментария подсчитывались баллы за выполнение заданий контрольного среза и оценивался уровень иноязычной коммуникативной военно-профессиональной компетенции по итогам обучения за курс иностранного языка. Суммировались баллы за выполнение трех заданий: лексико-грамматического теста с уклоном на знание военной терминологии, речевое задание в условиях профессионально-коммуникативной ситуации и задание на работу с информацией на примере образца иноязычного военного дискурса. Максимальное количество баллов за

три задания вновь составило 100. К оцениванию курсантов привлекались эксперты из числа опытных преподавателей иностранного языка военных образовательных

организаций высшего образования. Итоговые данные заносились в диагностические таблицы.

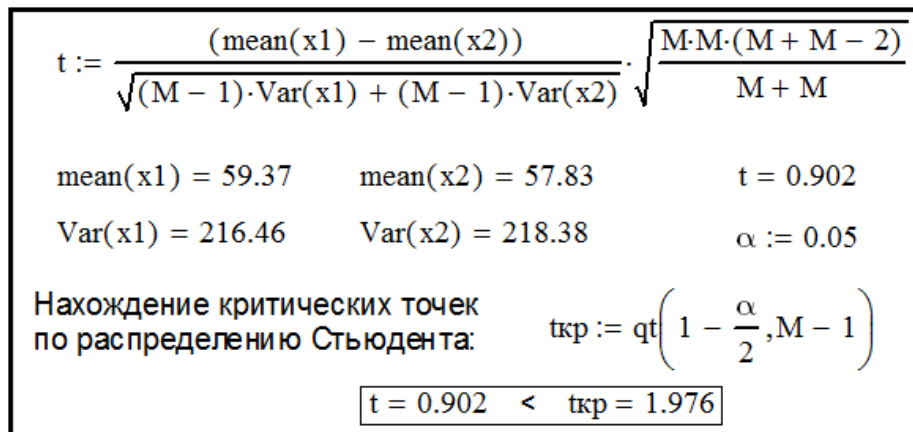


Рисунок 6 – Результаты проверки статистической гипотезы о равенстве математических ожиданий m_1 и m_2 по критерию Стьюдента

Figure 6 – The results of testing the statistical hypothesis about the equality of mathematical expectations m_1 and m_2 according to the Student's criterion

Так же как на начальном этапе были сформированы и обработаны в среде программы Mathcad две выборки y_1 и y_2 – контрольная и экспериментальная соответственно. Их исходные числовые значения и

результаты статистической обработки по получению основных статистик (характеристики положения и рассеяния), выполненные в программе Mathcad, представлены на рисунке 7.

| | | 1 | | | 1 | Контрольная группа |
|---------|----|-----|---------|----|-----|---------------------------------|
| $y_1 =$ | 1 | 71 | $y_2 =$ | 1 | 85 | |
| | 2 | 73 | | 2 | 63 | $\text{mean}(y1) = 68.84$ |
| | 3 | 74 | | 3 | 75 | $\text{Var}(y1) = 115.69$ |
| | 4 | 57 | | 4 | 82 | $\text{var}(y1) = 114.92$ |
| | 5 | 90 | | 5 | 77 | $\text{Stdev}(y1) = 10.76$ |
| | 6 | 71 | | 6 | 63 | |
| | 7 | 68 | | 7 | 69 | |
| | 8 | 54 | | 8 | 83 | |
| | 9 | 44 | | 9 | 85 | |
| | 10 | 85 | | 10 | 81 | Экспериментальная группа |
| | 11 | 60 | | 11 | 70 | $\text{mean}(y2) = 78.67$ |
| | 12 | 70 | | 12 | 61 | $\text{Var}(y2) = 121.84$ |
| | 13 | 84 | | 13 | 82 | $\text{var}(y2) = 121.03$ |
| | 14 | 67 | | 14 | 86 | $\text{Stdev}(y2) = 11.04$ |
| | 15 | 67 | | 15 | 57 | |
| | 16 | ... | | 16 | ... | |

Рисунок 7 – Результаты статистической обработки двух сформированных выборок y_1 и y_2 после проведения опытно-экспериментального обучения курсантов

Figure 7 – The results of statistical processing of two generated samples y_1 and y_2 after conducting experimental teaching of the cadets

Следующие алгоритмы по применению математического инструментария с помощью программы Mathcad аналогичны процедурам, представленным в начале данной статьи (п.п. 2–5). Так, результаты нахождения доверительных интервалов для

математических ожиданий m_1 и m_2 двух генеральных совокупностей по \bar{y}_1 и \bar{y}_2 при уровне значимости $\alpha = 0,05$, выполненные в программе Mathcad, показаны на рисунке 8.



Рисунок 8 – Результат нахождения доверительного интервала для математических ожиданий m_1 и m_2 двух генеральных совокупностей по \bar{y}_1 и \bar{y}_2 при уровне значимости $\alpha = 0,05$

Figure 8 – The result of finding the confidence interval for the mathematical expectations m_1 and m_2 of two general aggregates for \bar{y}_1 and \bar{y}_2 at the significance level $\alpha = 0,05$

Алгоритмы расчета дискретных статистических рядов и построения гистограмм по результатам опытно-экспериментального обучения курсантов представлены на рисунке 9. Соотношение форм гистограммы

и функции плотности распределения вероятностей позволяет сделать предположение о соответствии выборочных частот статистического ряда случайной величины нормальному закону распределения вероятностей.

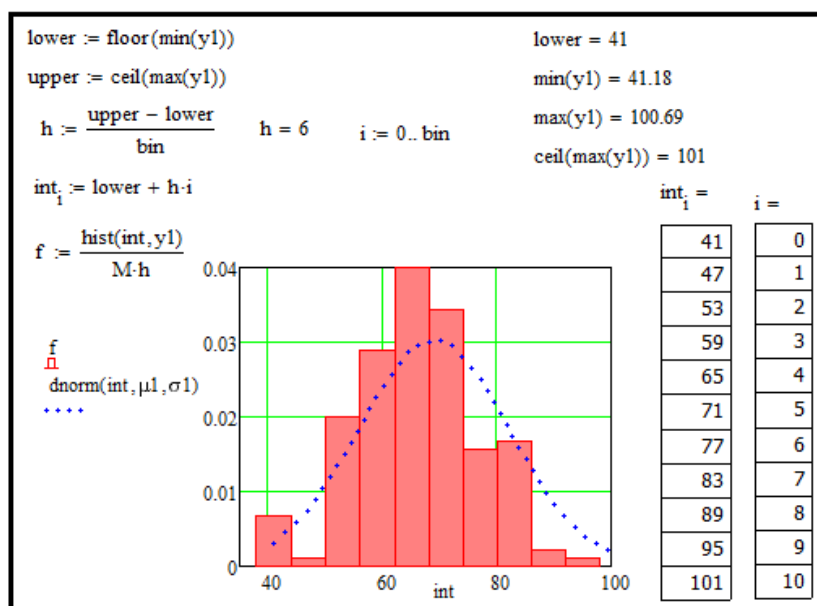


Рисунок 9 – Алгоритмы расчета дискретного статистического ряда и построения гистограммы для контрольной группы y_1

Figure 9 – The algorithms of calculating the discrete statistical series and constructing the histogram for the y_1 control group

Итоговая часть процедуры принятия статистической гипотезы относительно соответствия распределения эмпирических данных выборки по экспериментальной

группе y_2 нормальному закону распределения, взяв за основу критерий согласия Пирсона, представлена на рисунке 10.

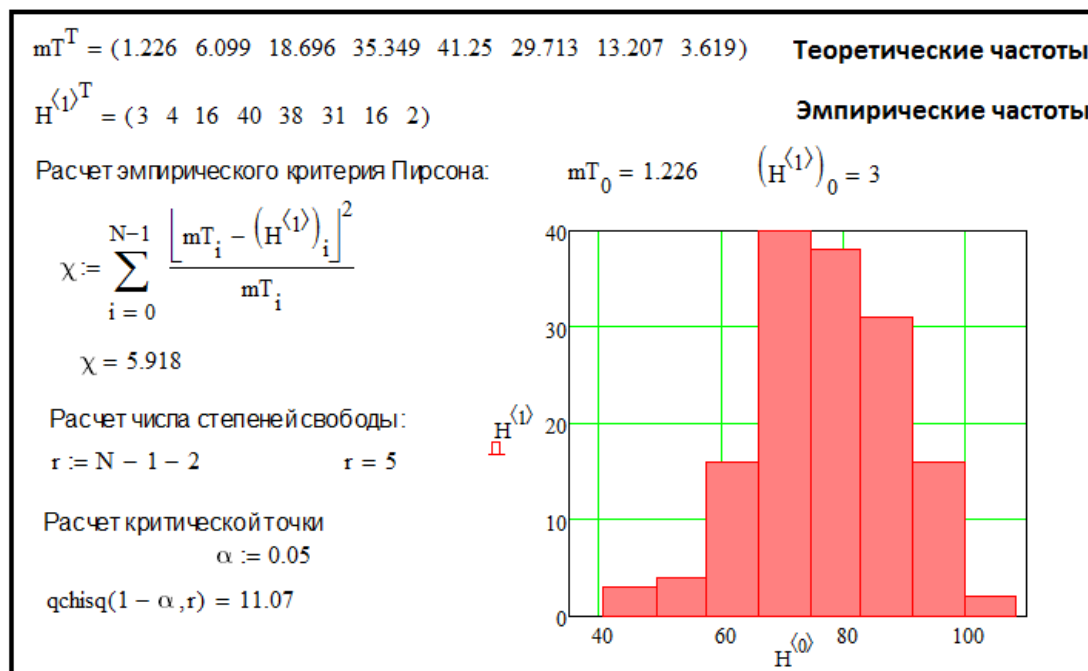


Рисунок 10 – Алгоритм проверки соответствия эмпирических данных нормальному закону распределения с помощью критерия согласия Пирсона

Figure 10 – The algorithm of verifying the compliance of the empirical data with the normal distribution law using the Pearson agreement criterion

Поскольку эмпирическое значение критерия Пирсона $\chi = 5,92$ меньше критического значения $\chi_{кр.} = 11,07$, то статистическая гипотеза о соответствии данных выборки y_2 нормальному закону распределения не отвергается при уровне значимости $\alpha = 0,05$.

Убедившись в правоте статистической гипотезы о равенстве дисперсий по критерию Фишера-Снедекора (аналогичный алгоритм и его основные процедуры представлены на рисунке 5), переходим к проверке статистической гипотезы о возможном равенстве (или неравенстве) математических ожиданий m_1 и m_2 генеральных совокупностей, из которых сформированы контрольная и экспериментальная выборки y_1 и y_2 , взяв за основу критерий Стьюдента. Подробное пояснение этого вывода и алгоритм расчета соответствующего критерия представлен выше в данной статье (см. формулу (4) и рисунок 6). Данная процедура производится для того, чтобы сравнить

показатели уровня иноязычной коммуникативной военно-профессиональной компетенции курсантов экспериментальных и контрольных групп.

Результаты обработки контрольной и экспериментальной выборок y_1 и y_2 относительно выяснения равенства их математических ожиданий m_1 и m_2 показаны на рисунке 11.

Результаты проведенных расчетов в среде интегрированного математического пакета Mathcad (рисунок 11) показали, что $t_{эмп.} = 7,812 > t_{кр.} = 1,976$, т. е. гипотеза о равенстве математических ожиданий $m_1 = m_2$ отвергается при $\alpha = 0.05$.

Таким образом, представленные на рисунке 7 итоги статистической обработки контрольной и экспериментальной групп позволяют в результате сравнения их средних выборочных $\bar{y}_1 = 68,84$ и $\bar{y}_2 = 78,67$ оценить показатель эффективности опытно-экспериментального обучения курсантов (5):

$$\delta = \frac{\bar{y}_2 - \bar{y}_1}{\bar{y}_1} = \frac{78,67 - 68,84}{68,84} = 0,14. \quad (5)$$

$$t := \frac{(\text{mean}(y_2) - \text{mean}(y_1))}{\sqrt{(M-1) \cdot \text{Var}(y_1) + (M-1) \cdot \text{Var}(y_2)}} \cdot \sqrt{\frac{M \cdot M \cdot (M + M - 2)}{M + M}}$$

| | | |
|----------------------------|----------------------------|-----------------|
| $\text{mean}(y_2) = 78.67$ | $\text{Var}(y_2) = 121.84$ | $t = 7.812$ |
| $\text{mean}(y_1) = 68.84$ | $\text{Var}(y_1) = 115.69$ | $\alpha = 0.05$ |

Нахождение критических точек
Стьюдента

$$t_{кр} := qt\left(1 - \frac{\alpha}{2}, M - 1\right)$$

$t_{кр} = 1.976$

Рисунок 11 – Результаты обработки контрольной и экспериментальной выборок y_1 и y_2 относительно выяснения равенства их математических ожиданий m_1 и m_2

Figure 11 – The results of processing the control and experimental samples y_1 and y_2 regarding the determination of their mathematical expectations m_1 and m_2 equality

Вывод: согласно результатам опытно-экспериментального обучения курсантов по концепции профессионально ориентированного иноязычного обучения в высшей военной школе, полученным с помощью описанного диагностического и математического инструментария, уровень иноязычной коммуникативной военно-профессиональной компетенции в экспериментальных группах превышает уровень данной компетенции в контрольных группах на 14 %, что свидетельствует об эффективности авторской методики.

Заключение

В нашем исследовании была предпринята попытка применения диагностического инструментария в среде интегрированного математического пакета Mathcad, который существенно облегчает расчеты, позволяя при соответствующем навыке достаточно быстро и наглядно получать данные, необходимые педагогу для оценки эффективности применяемых им педагогических технологий, в данном случае в процессе обучения курсантов иностранному языку в высшей военной школе.

Список источников

1. Лунев А. Н. Методологические основы опытно-экспериментальной работы в педагогике профессионального образования / А. Н. Лунев, Н. Б. Пугачева // Международный журнал экспериментального образования. 2015. № 11 (Ч. 3). С. 350–354.
2. Штульман Э. А. Методический эксперимент в системе методов исследования. Воронеж: Изд-во Воронежского университета, 1976. 156 с.
3. Загвязинский В. И. Методология и методы психолого-педагогического исследования / В. И. Загвязинский, Р. Атаханов. М.: Академия, 2005. 208 с.
4. Сиденко А. С. Педагогический эксперимент: от идеи до разработки. Ярославль – М.: Канцлер, 2020. 256 с.
5. Новиков Д. А. Статистические методы в педагогических исследованиях (типовые случаи). М.: МЗ-Пресс, 2004. 67 с.
6. Ванягин В. Е. Методика оценивания качества подготовки специалистов в военных образовательных организациях высшего образования на основе определения уровня сформированности их компетенций // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. Электронный научный журнал. 2019. № 1(29). С. 197–209.
7. Ванягина М. Р. Реализация концепции профессионально ориентированного иноязычного обучения в высшей военной школе // Вестник Санкт-Петербургского военного института войск национальной гвардии. 2024. № 1(26). С. 195–206.
8. Павловская И. Ю. Разработка концепции единого экзамена по профессионально-ориентированной иноязычной коммуникативной компетентности выпускника российского вуза: задачи и решения / И. Ю. Павловская, А. О. Гребенников, М. А. Креер // Тестология. 2021. № 3. С. 14–33.
9. Ванягина М. Р. Оценивание уровня владения иностранным языком в высшей военной школе // Вестник Тамбовского университета. Серия: Гуманитарные науки. 2021. Т. 26. № 195. С. 107–118.

10. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика. М. : Юрайт, 2015. 480 с.
11. Черных А. К. Математические методы в психологии / А. К. Черных, Н. В. Ярмоленко, С. Е. Сычев. Ч. 3. СПб. : Изд-во СПВИ войск национальной гвардии, 2020. 91 с.
12. 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 Санкт-Петербургского университета МВД России, 2014. 92 с.
13. 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.
14. Ермолаев-Томин О. Ю. Математические методы в психологии. М. : Изд-во Юрайт, 2014. 511 с.
15. Большакова Л. В. Методы проверки статистических гипотез в процессе обработки и интерпретации статистических данных при обеспечении экономической и информационной безопасности хозяйствующего субъекта / Л. В. Большакова, А. И. Примакин, Н. А. Яковлева // Вестник Санкт-Петербургского университета МВД России. 2014. № 3 (63). С. 111–120.
16. Афонин П. Н. Статистический анализ с применением современных программных средств / П. Н. Афонин, Д. Н. Афонин. СПб. : ИЦ «Интермедия», 2017. 100 с.
17. Вайнштейн И. И. Теория вероятностей и математическая статистика. Методы математической статистики и их реализация в среде Mathcad / И. И. Вайнштейн, Т. А. Кустицкая. Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2012. 88 с.
18. Иванов О. В. Статистика. Учебный курс для социологов и менеджеров. Ч. 2. Доверительные интервалы. Проверка гипотез. Методы и их применение. М., 2005. 220 с.
19. Корниенко В. С. Математическая статистика. Решение задач по теме: «Проверка статистических гипотез»: методическая разработка. Волгоград: Волгоградская государственная сельскохозяйственная академия, 2010. 68 с.
20. Алябьева С. В. MathCAD для студентов: учебный практикум / С. В. Алябьева, Е. П. Борматова, М. В. Данилова [и др.]. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2007. 154 с.

References

1. Lunev A. N. Methodological foundations of experimental work in the pedagogy of vocational education / A. N. Lunev, N. B. Pugacheva // *Mezhdunarodnyj zhurnal eksperimental'nogo obrazovaniya*. 2015;11 (Ch. 3): 350–354. (In Russ.).
2. Shtul'man E. A. Metodicheskij eksperiment v sisteme metodov issledovaniya. Voronezh: Izdatel'stvo Voronezhskogo universiteta, 1976. 156 s. (In Russ.).
3. Zagvyazinskij V. I. Metodologiya i metody psihologo-pedagogicheskogo issledovaniya / V. I. Zagvyazinskij, R. Atahanov. M. : Akademiya, 2005. 208 s. (In Russ.).
4. Sidenko A. S. Pedagogicheskij eksperiment: ot idei do razrabotki. Yaroslavl' – M. : Kancler, 2020. 256 s. (In Russ.).
5. Novikov D. A. Statisticheskie metody v pedagogicheskikh issledovaniyah (tipovye sluchai). M. : MZ-Press, 2004. 67 s. (In Russ.).
6. Vanyagin V. E. Methodology for assessing the quality of training of specialists in military educational institutions of higher education based on determining the level of formation of their competencies // *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Elektronnyj nauchnyj zhurnal*. 2019;1(29): 197–209. (In Russ.).
7. Vanyagina M. R. Realizaciya koncepcii professional'no orientirovannogo inoyazychnogo obucheniya v vysshej voennoj shkole // *Vestnik Sankt-Peterburgskogo voennogo instituta vojsk nacional'noj gvardii*. 2024;1(26): 195–206. (In Russ.).
8. Pavlovskaya I. Yu. Development of the concept of a unified exam on professionally oriented foreign language communicative competence of a graduate of a Russian university: tasks and solutions / I. Yu. Pavlovskaya, A. O. Grebennikov, M. A. Kreer // *Testologiya*. 2021;3: 14–33. (In Russ.).
9. Vanyagina M. R. Assessment of the level of foreign language proficiency at the higher military school // *Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya: Gumanitarnye nauki*. 2021. T. 26;195: 107–118. (In Russ.).
10. Gmurman V. E. Teoriya veroyatnostej i matematicheskaya statistika. M. : Yurajt, 2015. 480 s. (In Russ.).
11. Chernyh A. K. Matematicheskie metody v psihologii / A. K. Chernyh, N. V. Yarmolenko, S. E. Sychev. Ch. 3. SPb. : Izd-vo SPVI vojsk nacional'noj gvardii, 2020. 91 s. (In Russ.).
12. Bol'shakova L. V. Matematiko-statisticheskie metody obrabotki eksperimental'nyh dannyh pri provedenii nauchnyh issledovaniy: metodicheskie rekomendacii / L. V. Bol'shakova, A. I. Primakin, N. A. Yakovleva. SPb. : Sankt-Peterburgskogo universiteta MVD Rossii, 2014. 92 s. (In Russ.).

13. Bol'shakova L. V. The theory of statistical hypothesis testing in the mathematical and statistical study of pedagogical problems / L. V. Bol'shakova, N. A. Yakovleva // Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta MVD Rossii, 2016;4 (72): 149–157. (In Russ.).
14. Ermolaev-Tomin O. yu. Matematicheskie metody v psihologii. M. : Izd-vo Yurajt, 2014. 511 s. (In Russ.).
15. Bol'shakova L. V. Methods of testing statistical hypotheses in the process of processing and interpreting statistical data while ensuring the economic and information security of an economic entity / L. V. Bol'shakova, A. I. Primakin, N. A. Yakovleva // Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta MVD Rossii. 2014;3 (63): 111–120. (In Russ.).
16. Afonin P. N. Statisticheskij analiz s primeneniem sovremennykh programmnykh sredstv / P. N. Afonin, D. N. Afonin. SPb. : IC «Intermediya», 2017. 100 s. (In Russ.).
17. Vajnshtejn I. I. Teoriya veroyatnostej i matematicheskaya statistika. Metody matematicheskoy statistiki i ih realizaciya v srede Mathcad / I. I. Vajnshtejn, T. A. Kustickaya. Krasnoyarsk: Sibirskij federal'nyj universitet, 2012. 88 s. (In Russ.).
18. Ivanov O. V. Statistika. Uchebnyj kurs dlya sociologov i menedzherov. Ch. 2. Doveritel'nye intervaly. Proverka gipotez. Metody i ih primenenie. M., 2005. 220 s. (In Russ.).
19. Kornienko V. S. Matematicheskaya statistika. Reshenie zadach po teme: «Proverka statisticheskikh gipotez»: metodicheskaya razrabotka. Volgograd: Volgogradskaya gosudarstvennaya sel'sko-hozyajstvennaya akademiya, 2010. 68 s. (In Russ.).
20. Alyab'eva S. V. MathCAD dlya studentov: uchebnyj praktikum / S. V. Alyab'eva, E. P. Bormatova, M. V. Danilova [i dr.]. Petrozavodsk: Izd-vo PetrGU, 2007. 154 s. (In Russ.).

Информация об авторе

М. Р. Ванягина – кандидат педагогических наук, доцент
А. И. Примакин – доктор технических наук, профессор

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

Статья поступила в редакцию 02.05.2024;
одобрена после рецензирования 20.05.2024;
принята к публикации 20.06.2024.

Information about the author

M. R. Vanyagina – Candidate of Sciences (Pedagogy), Docent
A. I. Primakin – Doctor of Sciences (Technical), Professor

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

The article was submitted 02.05.2024;
approved after reviewing 20.05.2024;
accepted for publication 20.06.2024.