

Герасименко С.А., Павленко А.Н.

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, Россия

E-mail: fmit@mail.osu.ru, pavlenko-a-n@mail.ru

ДЕДУКТИВНО-ЭМПИРИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИН МАТЕМАТИЧЕСКОГО ЦИКЛА НА ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ В СРЕДЕ MATHCAD

В настоящее время основные тенденции реформирования высшей школы закономерно приводят к значительному сокращению доли аудиторных занятий в учебном процессе, что крайне негативно сказывается на изучении дисциплин математического цикла в силу их абстрактности и часто громоздкости изложения материала. Таким образом, возникает необходимость в повышении эффективности контактной работы и к усилению роли самостоятельной работы студентов.

Одним из факторов, способствующих повышению эффективности контактной работы, является предварительное пропедевтическое самостоятельное рассмотрение изучаемого материала при применении эмпирической составляющей дедуктивно-эмпирического подхода к обучению высшей математики.

Предлагаемый новый дедуктивно-эмпирический подход к организации внеаудиторной самостоятельной работы при изучении дисциплин математического цикла студентами естественнонаучных направлений должен включать следующие направления/этапы: 1) приведение исторических сведений об эмпирическом подходе к решению математических задач, возникающих при решении естественнонаучных и технических задач, 2) эксперименты, приводящие к целесообразности введения новых понятий и эксперименты иллюстрирующие определения, 3) эмпирическое обоснование трудно доказуемых и не очевидно выполнимых теорем, 4) применение экспериментального метода для нахождения численных значений величин, 5) применение экспериментального метода для иллюстрирования и проверки результатов решения задачи, 6) контроль за эффективностью применения дедуктивно-эмпирического подхода к обучению математики.

Для повышения эффективности пропедевтической самостоятельной работы целесообразно использовать соответствующее методическое обеспечение. В качестве последнего (в зависимости от изучаемого раздела) можно применять интерактивные методические указания, интегрированные с приложениями, написанными на различных языках высокого уровня, эмуляторы устройств для проведения математических экспериментов и т. д.

Таким образом, изучение студентами естественнонаучных направлений математических дисциплин должно проходить в неразрывном единстве традиционного дедуктивного изложения учебного материала с эмпирическим подходом к обучению при широком применении интерактивных технологий.

Ключевые слова: дедуктивно-эмпирический подход к обучению, пропедевтическое изучение, внеаудиторная самостоятельная работа, информационные технологии, методика преподавания математики в высшей школе.

Gerasimenko S.A., Pavlenko A.N.

Orenburg State University, Orenburg, Russia

E-mail: fmit@mail.osu.ru, pavlenko-a-n@mail.ru

DEDUCTIVE-EMPIRICAL APPROACH TO THE STUDY OF MATHEMATICAL CYCLE DISCIPLINES IN NATURAL SCIENCE COURSE IN MATHCAD

Nowadays, the main trends in the reform of higher education naturally lead to a significant decrease of classes in the educational process, which negatively affects the study of the disciplines of the mathematical cycle due to their abstraction and often complexity of material presentation. Thus, there is a need to increase the effectiveness of contact work and to strengthen the role of independent study of students.

One of the factors contributing to improving the effectiveness of contact work is the preliminary propedeutic independent study of the material when applying the empirical component of the deductive-empirical approach to teaching higher mathematics.

The proposed new deductive-empirical approach to the organization of non-auditory independent work in the study of the disciplines of the mathematical cycle by students of natural sciences should include the following directions/stages: 1) providing historical information on the empirical approach to solve mathematical problems arising in solving natural science and technical problems, 2) experiments leading to the expediency of introducing new concepts and experiments illustrating definitions, 3) empirical justification of difficult-to-prove and not obviously feasible theorems, 4) application of experimental method to find numerical values of quantities, 5) use of the experimental method to illustrate and check the results of solving a problem, 6) monitoring the effectiveness of applying a deductive-empirical approach to teaching mathematics.

To increase the efficiency of propedeutic independent study, it is necessary to use appropriate methodological support. And the last (depending on the section being studied), you can use interactive methodological guidelines integrated with applications written in various high-level languages, emulators of devices for conducting mathematical experiments, etc.

Thus, students of natural sciences should study mathematical disciplines in the inextricable unity of the traditional deductive presentation of educational material with an empirical approach to learning with the wide use of interactive technologies.

Key words: deductive-empirical approach to learning, propedeutic study, extracurricular independent study, information technologies, methods of teaching mathematics in higher education.

О целесообразности применения дедуктивно-эмпирического подхода при изучении разделов высшей математики на естественнонаучных направлениях бакалавриатов

Изучение дисциплин математического цикла на естественнонаучных направлениях традиционно строится по дедуктивному принципу, причем, как правило новые математические понятия рассматриваются без предварительного обоснования целесообразности их введения, а для теорем часто опускаются и их доказательство, и их приложения в предметных областях естественнонаучных направлений.

Этому в немалой степени способствует снижение доли контактной работы, выделяемой для изучения математических дисциплин при переходе от специалитета к бакалавриату в связи с необходимостью реализации в вузах Российской Федерации основных положений Болонской декларации [1], происходящее часто при полном сохранении содержания изучаемых дисциплин.

Таким образом, математические дисциплины воспринимаются обучающимися как набор определений и теорем, мало связанных друг с другом и с профилирующими дисциплинами.

Конечно, студенты понимают необходимость математики для профилирующих предметов, но большой объем и абстрактный характер дисциплин математического цикла часто вызывает ощущение избыточности для приложений изучаемого материала, что не способствует высокой мотивации обучающихся. Кроме того, дедуктивный принцип изложения разделов высшей математики в некотором смысле диссонирует с экспериментальным характером естественнонаучных дисциплин.

Вышесказанное приводит к изучению в учебных заведениях различного уровня так называемой экспериментальной математики [2]–[4].

С целью преодоления вышеприведенных трудностей при изучении дисциплин математического цикла на естественнонаучных направлениях предлагается новый дуалистический дедуктивно-эмпирический подход к обучению при широком использовании межпредметных связей, исторических сведений и информационных технологий. В ходе применения данного

подхода можно будет показать, что и математике не чужд экспериментальный подход, что сделает ее в глазах обучающихся ближе к естественнонаучным дисциплинам, а также подчеркнет необходимость математики для изучения в дальнейшем естественнонаучных дисциплин.

Конечно, эмпирический подход к обучению высшей математики не должен быть единственным и полностью подменить собой традиционное дедуктивное изложение учебного материала. Особенно важны для студентов естественнонаучных направлений конструктивные доказательства, содержащие в себе методы решения задач, имеющих важные приложения. В качестве примера можно привести доказательство первой теоремы Больцано-Коши [5], фактически содержащее в себе метод половинного деления [6], применяемый для численного решения алгебраических уравнений.

Учитывая наглядность и доступность эмпирической парадигмы обучения, предполагается вынести ее на внеаудиторную самостоятельную работу преподавательского характера [7]. Последнее позволяет отчасти решить проблему дефицита объемов контактной работы.

Основные направления применения эмпирической составляющей дедуктивно-эмпирического подхода при изучении разделов высшей математики

Представляется целесообразным выделить следующие направления.

1. Приведение исторических сведений об эмпирическом подходе к решению математических задач, возникающих при решении естественнонаучных и технических задач

Межпредметные связи математики с естественнонаучными дисциплинами и историей математики, естествознания и техники позволяет не только активизировать интерес обучающихся к изучению математических разделов, но и подчеркнуть важность приложений математики в естествознании и технике, а также единство с ними математики через возможность применения в ней экспериментального подхода.

Данное направление базируется на внеаудиторном самостоятельном преподавательском

изучении [7] исторических сведений об использовании экспериментального подхода для решения математических задач, возникающих при решении важных естественнонаучных и технических проблем.

В качестве примеров можно привести использование некоторых аналоговых вычислительных устройств (счетно-решающие устройства военного назначения, гидроинтеграторы, электроинтеграторы, решающие усилители и т. д.), использующих различные физические процессы для решения математических задач, имеющих важные приложения для добычи полезных ископаемых, металлургии, ракетостроения, атомной промышленности, для боевого управления вооружениями и т. д. [8].

Следует отметить целесообразность использования эмуляторов оборудования, предназначенного для экспериментального решения математических задач. Применение данных интерактивных технологий позволит быстро и наглядно уяснить принцип работы данных систем. В качестве примера можно привести эмулятор логарифмической линейки [9], [10].

Кроме того, экспериментальный подход применялся и для решения ряда математических проблем, в том числе знаменитой проблемы четырех красок, решенную с помощью компьютерной проверки некоторого базового набора из конечного числа карт [11].

2. Эксперименты, приводящие к целесообразности введения новых понятий и эксперименты иллюстрирующие определения.

Не смотря на наличие специализированных приложений, предназначенных именно для выполнения математических экспериментов («GeoGebra» [12], «Математический конструктор» [13], «Geometry Expressions» [14] и т. д.), а также языков программирования высокого уровня, все же часто более предпочтительным для использования эмпирического подхода в обучении математики представляется применение пакета «MathCAD» [15]. Последнее объясняется простым и интуитивно понятным интерфейсом меню «Программирование» данного пакета и его широким распространением.

Например, при рассмотрении целесообразности введения понятия предела функции в точке можно использовать формулу [16] для на-

хождения величины прогиба круглой пластины, закрепленной по краям,

$$y = kF \left(x^2 \ln \frac{x}{R} + \frac{R^2 - x^2}{2} \right)$$

Здесь: R – радиус пластины, F – сила, приложенная к центру пластины, y – величина прогиба пластины в точке, отстоящей на расстоянии x от центра пластины.

Пусть задача состоит в нахождении величины прогиба в центре пластины. При этом $x = 0$, и приведенная формула теряет смысл.

Очевидно, что в данном случае вполне естественно вычислять значения $x^2 \ln \frac{x}{R}$ для значений x , стремящихся к нулю (например: 0.1, 0.01, 0.001 и т.д.) и при этом пытаться сделать вывод, к какому значению будут стремиться найденные величины.

При таком подходе [17] к предварительному введению понятия предела функции в точке, студенты не только будут интуитивно представлять смысл данного понятия, но и сами наверняка предложат определение предела функции по Гейне [18].

3. Эмпирическое обоснование трудно доказуемых и неочевидно выполнимых теорем

В качестве примера приведем опытное обоснование [17] центральной предельной теоремы [19] в среде компьютерного математического пакета «MathCAD» [15].

Исследуя в среде «MathCAD» зависимость характера распределения случайной величины

$$Y = \sum_{i=1}^n X_i$$

в зависимости от распределения случайных величин X_i и их количества n (рисунок 1 показывает вид распределения случайной величины Y , если случайные величины X_i распределены по показательному закону, а $n = 30$), можно сделать вывод, что независимо от законов распределения случайных величин X_i , при достаточно больших n , величина Y имеет распределение, близкое к нормальному закону.

4. Применение экспериментального метода для нахождения численных значений величин

В данном случае можно привести экспериментальное нахождение абсолютной погрешности косвенного измерения величины $C = \frac{A}{B} + B$, где $A = 10,3 \pm 0,2$ и $B = 3,2 \pm 0,1$. При этом значения косвенно измеряемой величины находят для всех значений исходных величин, меняющихся в своих доверительных интервалах с некоторым шагом (рисунок 2). Получив минимальное *min* и максимальное *max* значения для косвенно измеряемой величины, определим и результат косвенного измерения величины C , и ее предельную абсолютную погрешность:

$$\hat{C} = \frac{\min + \max}{2}, \Delta_C = \frac{\max - \min}{2}.$$

Таким образом, получаем, что искомая величина равна

$$\underline{C} = \hat{C} \pm \Delta_C = 6,42 \pm 0,07.$$

Отметим, что применение в данном случае для оценки погрешности косвенного измерения величины C понятия дифференциала и метода границ [20] дает более грубые оценки для абсо-

```
N := 30
i := 1..50000  x_i := mean(rexp(N,2))
j := 1..100   int_j := j/100   P := hist(int,x)
```

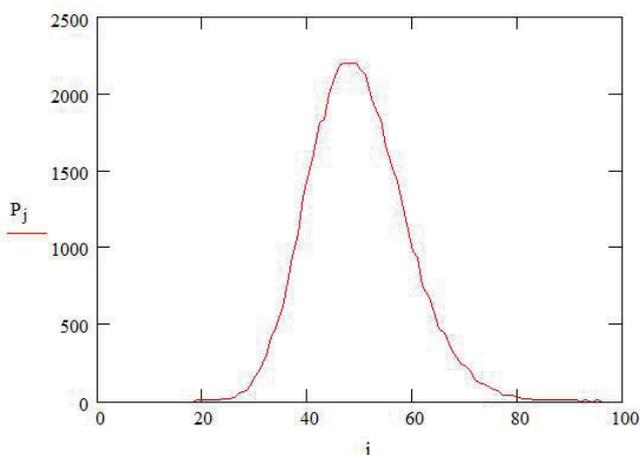


Рисунок 1 – Вид распределения случайной величины Y , если случайные величины X_i распределены по показательному закону, а $n = 30$

лютной погрешности: при использовании обоих методов имеем: $\Delta_C = 0,26$.

В качестве примера можно также привести экспериментальное нахождение [21] необходимого числа измерений физических величин, которое гарантирует необходимую абсолютную погрешность при заданной доверительной вероятности.

К фактически экспериментальному методу нахождения численных значений искомых величин следует отнести и метод Монте-Карло [22], который весьма эффективен при нахождении ряда трудно вычисляемых величин (многомерные интегралы, решение задач Дирихле [22] для сложных областей и т. д.).

5. Применение экспериментального метода для иллюстрирования и проверки результатов решения задачи

Часто при изучении различных разделов высшей математики бывает чрезвычайно полезно рассмотреть поведение решения задачи на различных стадиях поиска результата (зави-

```
C := |
min ← 1010
max ← -1010
for A ∈ 10.1, 10.11 .. 10.5
for B ∈ 3.1, 3.11 .. 3.3
| C ← A/B + B
| min ← C if C < min
| max ← C if C > max
C0 ← (min + max) / 2
C1 ← (max - min) / 2
C
C = ( 6.4216
      0.0655 )
```

Рисунок 2 – Экспериментальное нахождение абсолютной погрешности косвенного измерения величины C

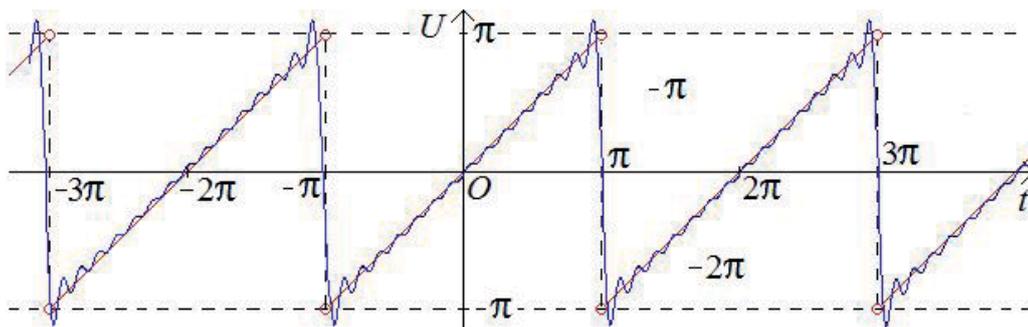


Рисунок 3 – График функции $f(x) = x$, заданной на промежутке $(-\pi; \pi)$ и продолженной по периодичности на всю числовую ось, и график частичной суммы ($n=30$) ее ряда Фурье.

симось последовательного приближения от его номера, процесс стремления частичных сумм ряда Фурье к исходной функции и т. д.).

В качестве примера можно привести как соотносятся графики частичных сумм при различных n ряда Фурье и график исходной функции. На рисунке 3 приведен график функции $f(x) = x$, заданной на промежутке $(-\pi; \pi)$ и продолженной по периодичности на всю числовую ось, и график частичной суммы ($n=30$) ее ряда Фурье.

6. Контроль за эффективностью применения дедуктивно-эмпирического подхода к обучению математики.

В связи с целесообразностью отнесения эмпирической составляющей дедуктивно-эмпирического подхода на пропедевтическую внеаудиторную работу (пункт 1, [17]), особое значение приобретает организация эффективного контроля за результатами освоения данного учебного материала. Таким образом, предлагается ввести текущий тестовый контроль. Последний должен содержать задачи экспериментального характера, раскрывающие в доступной и наглядной форме основные идеи изучаемого раздела или всей дисциплины, а также иллюстрирующие результаты решения традиционных задач. При этом возможно применение существующих в вузах дистанционных компьютерных систем компьютерного тестирования.

В силу предпочтительности наличия у каждого студента индивидуального варианта тестового контроля, представляется целесообразным использование интерактивных компьютерных генераторов однотипных заданий [23]–[25].

Основные подходы к изготовлению методического обеспечения дедуктивно-эмпирического подхода при изучении разделов высшей математики

Представляется целесообразным использование интерактивных методических указаний, содержание которых определяется предыдущими пунктами настоящей статьи.

Для повышения эффективности усвоения содержания методических указаний в них могут быть размещены:

- статичные и динамические изображения;
- файлы мультимедиа, содержащие краткие объяснения наиболее важных моментов, динамические чертежи, видео функционирования различных технических приложений данного раздела и т. д.;
- эмуляторы устройств для проведения математических экспериментов;
- документы пакета «MathCAD», предназначенные для проведения математических экспериментов;
- гиперссылки на более подробное изложение положений методических указаний;
- приложений на языках высокого уровня, генерирующих задания в форме тестов [23]–[25] для самоконтроля усвоения изучаемого материала.

Выводы

Таким образом, из всего вышесказанного можно сделать следующие выводы:

- 1) целесообразно применение дедуктивно-эмпирического подхода при изучении матема-

тических дисциплин на естественнонаучных направлениях бакалавриатов;

2) целесообразно отнести эмпирической составляющей дедуктивно-эмпирического подхода на пропедевтическую внеаудиторную работу при широком применении интерактивных технологий обучения;

3) для повышения эффективности применения данного подхода необходим контроль (самоконтроль) за результатами обучения для каждого студента;

4) для снижения нагрузки на преподавателя по обеспечению должного контроля целесообразно применение информационных технологий.

2.12.2020

Список литературы:

1. European Higher Education Area and Bologna Process [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://eha.info/>
2. Красовский, Н.Н. Размышления о математическом образовании / Н.Н. Красовский // Известия Уральского университета. – 2003. – № 27. – Серия – Проблемы образования, науки и культуры. Вып. 14. – С. 5–12.
3. Journal “Experimental Mathematics” [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.tandfonline.com/loi/uexm20>
4. Borwein J., Bailey D. *Mathematics by Experiment: Plausible Reasoning in the 21st Century*. – AK Peters, 2003. – 350 pages.
5. Фихтенгольц, Г.М. Курс дифференциального и интегрального исчисления / Г.М. Фихтенгольц. – М.: Физматлит, Т. 1. – 2007. – 680 с.: ил. – ISBN 978-5-9221-0436-4.
6. Бахвалов, Н.С. Численные методы: учебное пособие для вузов / Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков; МГУ им. М. В. Ломоносова. – 6-е изд. – М.: Бином, 2008. – 636 с. – (Классический университетский учебник). – Библиогр.: с. 624-628. – Предм. указ.: с. 629-632. – ISBN 978-5-94774-815-4.
7. Герасименко, С.А. Об организации пропедевтического изучения дисциплин математического цикла естественнонаучных и инженерных направлений / С.А. Герасименко, А.Н. Павленко // Вестник Оренбургского государственного университета, 2020. – № 2 (225). – С. 12-17.
8. Апокин, И.А. Развитие вычислительных машин / И.А. Апокин, Л.Е. Майстров. – М.: Наука, 1974. – 399 с.
9. Березин, С. И. Счетная логарифмическая линейка / С. И. Березин. – 4-е изд., испр. и доп. – Л.: Машиностроение, 1968. – 54 с.
10. Simulated Pickett N909-ES Slide Rule [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.antiquark.com/sliderule/sim/n909es/virtual-n909-es.html>
11. Appel K., Haken W. Every Planar Map Is Four Colorable. *Contemporary Mathematics*. Providence (R.I.): Amer. Math Soc., 1989. Vol. 98. 308 p.
12. GeoGebra Math Apps. Get our free online math tools for graphing, geometry, 3D, and more! [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.geogebra.org>
13. Учимся работать с «Математическим конструктором» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://mat.1sept.ru/view_article.php?id=200901306
14. Introducing GXWeb. The power of Geometry Expressions, now available in your browser - for free! [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.geometryexpressions.com>
15. Кирьянов, Д.В. Mathcad 15/Mathcad Prime 1.0. / Д.В. Кирьянов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012. – 432 с.: ил. + Видеокурс – ISBN 978-5-9775-0746-2.
16. Сборник индивидуальных заданий по высшей математике: В 3 ч., ч. 1 / А.П. Рябушко и др. Под общ. ред. А. П. Рябушко. – Минск: Вышэйш. шк., 1990 – 270 с.: ил.
17. Герасименко, С.А. Об организации пропедевтического изучения дисциплин математического цикла естественнонаучных и инженерных направлений / С.А. Герасименко, А.Н. Павленко // Вестник Оренбургского государственного университета, 2020. – № 2 (225). – С. 12-17.
18. Фихтенгольц, Г.М. Курс дифференциального и интегрального исчисления / Г.М. Фихтенгольц. – М.: Физматлит, Т. 1. – 2007. – 680 с.: ил. Алф. указ.: с. 671-679. – ISBN 978-5-9221-0436-4, Т2 – 2006. – 864 с. ISBN 978-5-9221-0466-1, Т3 – 2008. – 728 с. ISBN 5-9221-0737-2.
19. Вентцель Е. С. Теория вероятностей: учебник для студ. вузов. / Е.С. Вентцель. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 576 с.
20. Пулькин, С.П. Вычислительная математика / С.П. Пулькин, Л.Н. Никольская, А.С. Дьячков. – Москва: Просвещение, 1980. – 176 с.
21. Павленко, А.Н. К вопросу об организации вводного курса «Математическая обработка экспериментальных данных» / Павленко А.Н., Пихтилькова О.А., Четверикова А.Г. // Вестник Оренбургского государственного университета, 2015. – № 7. – С. 120-124.
22. Уравнения с частными производными для научных работников и инженеров / С. Фарлоу; Перевод. с англ. А. И. Плиса. Под ред. С. И. Похожаева. – М.: Мир, 1985. – 383 с.: ил.
23. Кручинин, В.В. Использование деревьев И/ИЛИ для генерации вопросов и задач // Вестник Томского государственного университета. – 2004. – №284. – С. 183 – 186.
24. Лаптев, В. В. Генерация вариантов заданий для лабораторных работ по программированию / В. В. Лаптев, В. В. Толасова // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2010. – № 1. – С. 127-131.
25. Зорин, Ю.А. Использование алгоритмов комбинаторной генерации при построении генераторов тестовых заданий // Дистанционное и виртуальное обучение. – 2013. – №6. – С. 54 – 59.

References:

1. European Higher Education Area and Bologna Process. Available at: <https://eha.info/>
2. Krasovsky N.N. Reflections on mathematical education. *Izvestiya Ural'skogo universiteta* [Bulletin of the Ural University], 2003, no. 27, series – Problems of education, science and culture, issue 14, pp. 5–12.
3. Journal “Experimental Mathematics”. Available at: <https://www.tandfonline.com/loi/uexm20>.
4. Borwein J., Bailey D. *Mathematics by Experiment: Plausible Reasoning in the 21st Century*. AK Peters, 2003, 350 p.

5. Fikhtengolts G.M. *Kurs differencial'nogo i integral'nogo ischisleniya* [Course of differential and integral calculus]. M.: Fizmatlit, 2007, vol. 1, 680 p. ISBN 978-5-9221-0436-4.
6. Bakhvalov N.S., Zhidkov N.P., Kobelkov G.M. *CHislennyye metody: uchebnoe posobie dlya vuzov* [Numerical methods: textbook for universities]. Moscow State University M.V. Lomonosov. 6th ed. M.: Binom, 2008, 636 p. ISBN 978-5-94774-815-4.
7. Gerasimenko S.A., Pavlenko A.N. On the organization of propaedeutic study of disciplines of the mathematical cycle of natural science and engineering directions. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Orenburg State University], 2020, no. 2 (225), pp. 12-17.
8. Apokin I.A., Maistrov L.E. *Razvitie vychislitel'nykh mashin* [Development of computers]. Moscow: Nauka, 1974, 399 p.
9. Berezin S.I. *Schetnaya logarifmicheskaya linejka* [Counting logarithmic ruler]. 4th ed., rev. and add. L.: Mechanical engineering, 1968, 54 p.
10. Simulated Pickett N909-ES Slide Rule. Available at: <http://www.antiquark.com/sliderule/sim/n909es/virtual-n909-es.html>
11. Appel K., Haken W. *Every Planar Map Is Four Colorable*. *Contemporary Mathematics*. Providence (R.I.): Amer. Math Soc., 1989, vol. 98, 308 p.
12. GeoGebra Math Apps. Get our free online math tools for graphing, geometry, 3D, and more! Available at: <https://www.geogebra.org>
13. *Uchimsya rabotat' s «Matematicheskim konstruktorom»* [Learning to work with the «Mathematical constructor»]. Available at: https://mat.1sept.ru/view_article.php?id=200901306
14. Introducing GXWeb. The power of Geometry Expressions, now available in your browser - for free! Available at: <https://www.geometryexpressions.com>
15. Kiryanov D.V. *Mathcad 15 / Mathcad Prime 1.0*. SPb.: BHV-Petersburg, 2012, 432 p. ISBN 978-5-9775-0746-2.
16. Ryabushko A.P. et al., Ryabushko A.P. (ed.) *Sbornik individual'nykh zadaniy po vysshej matematike: V 3 ch.* [Collection of individual assignments in higher mathematics: 3 parts]. Minsk: Vysheysk. shk., 1990, , part 1, 270 p.
17. Gerasimenko S.A., Pavlenko A.N. About the organization of propaedeutic study of disciplines of the mathematical cycle of natural science and engineering directions. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Orenburg State University], 2020, no. 2 (225), pp. 12-17.
18. Fikhtengolts G.M. *Kurs differencial'nogo i integral'nogo ischisleniya* [Course of differential and integral calculus]. M.: Fizmatlit, 2007, vol. 1, 680 p. ISBN 978-5-9221-0436-4; vol. 2, 2006, 864 p. ISBN 978-5-9221-0466-1; vol. 3, 2008, 728 p. ISBN 5-9221-0737-2.
19. Wentzel E.S. *Teoriya veroyatnostej: uchebnyk dlya stud. vuzov* [Probability theory: a textbook for students]. M.: Publishing Center «Academy», 2005, 576 p.
20. Pulkin S.P., Nikolskaya L.N., Dyachkov A.S. *Vychislitel'naya matematika* [Computational mathematics]. Moscow: Education, 1980, 176 p.
21. Pavlenko A.N., O.A. Pikhtilkova, A.G. Chetverikova On the organization of the introductory course «Mathematical processing of experimental data». *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Orenburg State University], 2015, no. 7, pp. 120-124.
22. Farlow S.; translated from English A.I. Plis; Pokhozhaev S.I. (Ed.) *Uravneniya s chastnymi proizvodnymi dlya nauchnykh rabotnikov i inzhenerov* [Partial Differential Equations for Scientists and Engineers]. M.: Mir, 1985, 383 p.
23. Kruchinin V.V. Using AND / OR trees for generating questions and tasks. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Tomsk State University], 2004, no. 284, pp. 183-186.
24. Laptev V.V., Tolasova V.V. Generation of options for tasks for laboratory work on programming. *Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Astrakhan State Technical University], series: Management, Computer Engineering and Informatics, 2010, no. 1, pp. 127-131.
25. Zorin Yu.A. The use of combinatorial generation algorithms in the construction of test task generators. *Distancionnoe i virtual'noe obuchenie* [Distance and virtual learning], 2013, no. 6, pp. 54-59.

Сведения об авторах:

Герасименко Сергей Алексеевич, декан факультета математики и информационных технологий
Оренбургского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент

E-mail: fmit@mail.osu.ru
ORCID: 0000-0002-0694-3240

Павленко Алексей Николаевич, доцент кафедры прикладной математики
Оренбургского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент

E-mail: pavlenko-a-n@mail.ru
ORCID: 0000-0002-8610-6951

460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13, ауд. 20507