№2 (29) 2023

ISSN: 2782-2672

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК

Вятского государственного университета

MATHEMATICAL BULLETIN

of Vyatka State University

Вятский государственный университет

Математический вестник Вятского государственного университета

Н а у ч н ы й   ж у р н а л

№ 2 (29)

Киров
2023

УДК 51(051)
М34

Научный журнал «Математический вестник Вятского государственного университета»
как средство массовой информации зарегистрирован в Роскомнадзоре
(Свидетельство о регистрации СМИ Эл № ФС77-80462 от 01 марта 2021 г.)
Учредитель журнала – ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»
Адрес издателя: 610000, г. Киров, ул. Московская, 36,
тел. (8332) 208-964 (Научное издательство ВятГУ)
Адрес редакции: 610000, г. Киров, ул. Московская, 36,
тел. (8332) 208-964 (Научное издательство ВятГУ)
Редактор **А. В. Мариева**
Компьютерная верстка **Л. А. Кислицына**
Редактор выпускающий **А. Ю. Егоров**
Ответственный за выпуск **И. В. Смольняк**

Цена свободная

СОДЕРЖАНИЕ

УДК 536.2 DOI 10.25730/VSU.0536.23.006

Исследование влияния методов генерации трижды периодических минимальных поверхностей на их теплофизические свойства*

Попов Андрей Игоревич[1], Брагин Дмитрий Михайлович[2], Зинина Софья Алексеевна[3], Еремин Антон Владимирович[4]
[1]старший преподаватель кафедры промышленной теплоэнергетики,
Самарский государственный технический университет. Россия, г. Самара. E-mail: pixinot@icloud.com
[2]ассистент кафедры промышленной теплоэнергетики, Самарский государственный технический университет. Россия, г. Самара. E-mail: dimabragin2204@yandex.ru
[3]ассистент кафедры промышленной теплоэнергетики, Самарский государственный технический университет. Россия, г. Самара. E-mail: sofazinina4@gmail.com
[4]доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой промышленной теплоэнергетики,
Самарский государственный технический университет. Россия, г. Самара. E-mail: a.v.eremin@list.ru

Аннотация. В настоящей статье представлено исследование теплопроводности в элементарных ячейках трижды периодических минимальных поверхностей (TPMS) Шварца P, сгенерированных двумя различными методами – методом граничных условий (Surface Evolver) и неявным методом (MSLattice). Целью исследования было изучение теплопроводящих свойств этих элементарных ячеек. Исследование проводилось методом конечных элементов в программном комплексе ANSYS, и результаты включают поля распределения температуры, векторные поля тепловых потоков и зависимость коэффициента теплопроводности от толщины стенки ячейки. В ходе исследования была обнаружена линейная зависимость коэффициента теплопроводности от толщины стенки ячейки, а также небольшая разница в значениях теплопроводности для ячеек, полученных разными методами (не более 1 %). Результаты данного исследования имеют широкий потенциал применения в областях, требующих понимания и управления теплопроводностью в структурах, основанных на TPMS, таких как разработка новых теплообменных устройств и материалов с прогнозируемыми теплофизическими свойствами.

Ключевые слова: TPMS, генерация, теплопроводность, метод конечных элементов, ANSYS.

Введение. Трижды периодические минимальные поверхности (или TPMS от англ. triply periodic minimal surface) являются одним из наиболее интересных и сложных геометрических объектов. Минимальная поверхность – это поверхность, которая локально минимизирует площадь. Это означает, что небольшой фрагмент поверхности должен иметь наименьшую возможную площадь для поверхности, охватывающей границу этого фрагмента. Мыльные пленки – это минимальные поверхности. Минимальные поверхности также обязательно имеют нулевую среднюю кривизну, когда сумма главных кривизн в каждой точке равна нулю. Особенно интересны минимальные поверхности, имеющие кристаллическую структуру и повторяющиеся в трех измерениях, то есть трижды периодические.

Трижды периодические минимальные поверхности встречаются во множестве биологических систем. TPMS были обнаружены в листьях растений, панцирях жуков и ракообразных и т. д. [3]. Существует множество типов трижды периодических минимальных поверхностей, к которым относятся, например: класс поверхностей Шварца (Primitive, Diamond, Hexagonal), поверхности Шёна (I-WP, Gyroid), Неовиуса и др.

Первые исследования TPMS были проведены в начале XIX века, и с тех пор они остаются предметом интенсивного изучения исследователей по всему миру [13; 18; 21; 22]. Это связано с рядом уникальных особенностей TPMS, а именно: способность делить пространство на два и более непересекающихся объема, создавая высокое отношение площади поверхности к объему [5; 26], высокая удельная прочность [11], высокая пористость материалов с TPMS архитектурой [7].

Особенности трижды периодических минимальных поверхностей открывают широкий спектр их применений в физике, химии, материаловедении, биологии и других науках. TPMS могут

* Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-79-10044.

использоваться при разработке дизайна поверхностей для каталитических процессов [15], создании мембранных фильтров [19] и изготовлении различного теплообменного оборудования [24]. В связи с этим продолжаются активно исследоваться теплофизические [1; 2; 4], гидродинамические [14] и другие свойства материалов на основе TPMS структур. В работе Cheng [12] выполнена корреляция между параметрами в уравнениях TPMS с точки зрения пористости (равномерной и гладкой), плотности пор и эквивалентного диаметра пор, что обеспечило быстрый метод настройки топологии пористых структур TPMS. Более того, определены зависимости гидравлического сопротивления и коэффициента теплопередачи в четырех пористых структурах TPMS (тип W, тип P, тип D и тип G) с учетом числа Рейнольдса (Re = 10–129) и пористости (ε = 0,2–0,8).

Peng [23] с помощью параметрического расчета TPMS теплообменника разработал рабочий процесс проектирования для упрощения конструкции TPMS теплообменников, а численная модель была разработана для оптимизации конструкции TPMS теплообменника для достижения оптимальной производительности. Также экспериментально была определена производительность аддитивно изготовленного образца TPMS теплообменника.

Стоит отметить, что существует несколько методов генерации TPMS:

1. Implicit method (неявный метод). Этот метод основан на решении уравнения минимальной поверхности в неявной форме [25]. Уравнение минимальной поверхности может быть представлено в виде уравнения Лапласа, где поверхность минимизирует сумму квадратов смещений от равновесия. Для генерации трижды периодических поверхностей в этом методе используется периодическое граничное условие. Преимущества этого метода в том, что он дает хорошие результаты в случае, когда поверхность имеет симметрию относительно оси вращения. Недостатком может быть сложность решения уравнения в общем случае, а также сложность настройки параметров метода для получения желаемого результата.

2. Boundary method (метод граничных условий). В этом методе поверхность генерируется путем задания граничных условий [17], а затем решения уравнения Лапласа внутри граничной области. Для генерации трижды периодических поверхностей используются периодические граничные условия вдоль трех независимых направлений. Преимуществом этого метода является простота в реализации и возможность получения поверхностей с различными формами. Недостатком может быть трудность определения граничных условий для некоторых форм поверхностей.

3. Parametric method (параметрический метод). Поверхность генерируется путем задания параметрического уравнения и решения уравнений Эйлера – Лагранжа. Для генерации трижды периодических поверхностей используются периодические параметры вдоль трех независимых направлений [16].

Авторами данной статьи ранее было выполнено исследование теплофизических свойств TPMS, построенных при помощи метода граничных условий [1]. Однако открытым остается вопрос в определении свойств TPMS, полученных при помощи других методов генерации.

В настоящей работе выполнено компьютерное моделирование теплопроводности в TPMS типа Шварца Primitive, сгенерированной неявным методом и методом граничных условий. Решение задачи теплопроводности осуществляется методом конечных элементов в модуле Steady-State Thermal программного комплекса ANSYS.

Теоретическая часть. Для генерации трижды периодических минимальных поверхностей каждым из вышеупомянутых методов применяется ряд программ. В настоящем исследовании для построения TPMS Шварца P применялись утилиты Surface Evolver [9; 10] и MSLattice [6]. Данные программы позволяют выполнить генерацию, изменить конфигурацию и экспортировать в различных форматах любые трижды периодические минимальные поверхности, для которых известны закономерности построения (функция, граничные условия, физические ограничения и др.).

Программный продукт Surface Evolver использовался в рамках исследования для генерации TPMS Шварца P в соответствии с методом граничных условий. Генерация TPMS в программе Surface Evolver была выполнена в несколько шагов:

1. Определение начального приближения. Это создание базовой поверхности с помощью примитивных элементов, таких как плоскость или сфера, или импорт существующей модели в формате OFF или STL.

2. Определение целевой симметрии. TPMS могут иметь различную симметрию, и это должно быть определено, чтобы генерировать правильную поверхность. Для TPMS можно выбрать симметрию P, D или I. Симметрия P означает, что поверхность повторяется в каждом направлении, симметрия D – повторение каждого направления с трансляцией, а симметрия I – повторение в каждом направлении с инверсией.

3. Определение энергетической функции. Это функция, которая определяет, как поверхность стремится к минимальной поверхностной энергии. В Surface Evolver эта функция может быть зада-

на в виде суммы энергий различных видов, таких как энергия поверхности, энергия объема и энергия деформации.

4. Оптимизация. После задания начального приближения, целевой симметрии и энергетической функции Surface Evolver запускает оптимизацию, которая изменяет форму поверхности, чтобы достичь минимальной энергии.

5. Визуализация и конвертация результатов. После завершения оптимизации можно визуализировать полученную поверхность. Surface Evolver предоставляет множество инструментов для визуализации, таких как рендеринг в реальном времени, сохранение в файлы изображений или экспорт модели в различные форматы.

Получение TPMS Шварца P при помощи неявного метода было реализовано в утилите MSLattice. Неявный метод генерации основан на решении тригонометрического уравнения вида $f(x,y,z)=c$. Для описания трижды периодической минимальной поверхности Шварца P уравнение будет иметь вид:

$$\cos(x)+\cos(y)+\cos(z)=0. \tag{1}$$

В программе MSLattice кроме уравнения поверхности задаются и другие параметры, такие как размер ячейки, относительная плотность, качество сетки и т. д. В результате работы программа выводит требуемую поверхность и позволяет экспортировать ее в нескольких различных форматах.

На рис. 1 изображены TPMS Шварца P, экспортированные из Surface Evolver и MSLattice в формате STL. Каждая из поверхностей (рис. 1) является элементарно ячейкой TPMS-матрицы, состоящей из неограниченного числа таких ячеек. Однако исследование теплофизических свойств TPMS целесообразно для одной ячейки. Это связано с репрезентативностью свойств элементарного объема в соответствии с методом REV (от англ. representative elementary volume). В теории композитных материалов репрезентативный элементарный объем (REV) – это наименьший объем, над которым можно выполнить измерение, которое даст значение, представляющее свойства всего материала [8; 20]. В случае периодических материалов обычно выбирается периодическая элементарная ячейка.

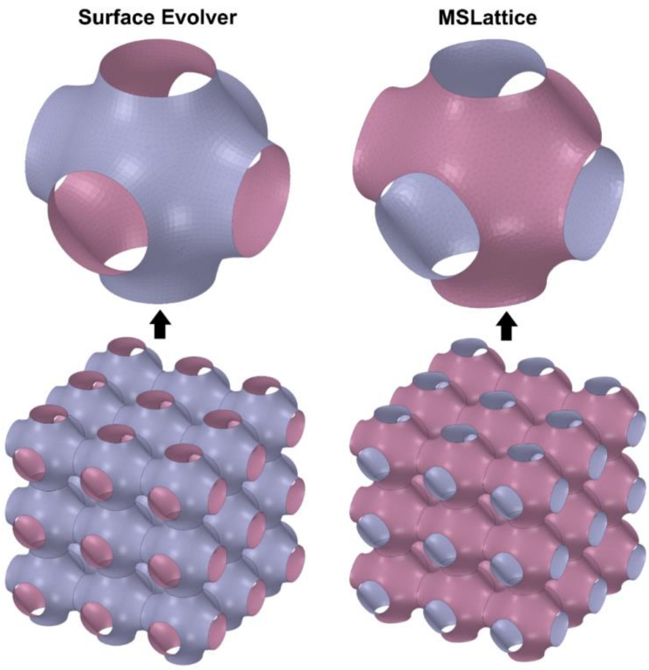


Рис. 1. Трижды периодические минимальные поверхности Шварца P, сгенерированные методом граничных условий (Surface Evolver) и неявным методом (MSLattice)

Для придания толщины поверхности применялась встроенная в редактор Space Claim (модуль ANSYS) функция Thicken. Таким образом были получены расчетные геометрии элементарных ячеек TPMS Шварца P (рис. 2), обладающие двумя характерными размерами: δ – толщина стенки ячейки и a – длина ребра куба. Стоит отметить, что TPMS Шварца P является одной из топологий, обладающих кубической симметрией. В связи с этим свойства TPMS Шварца P в направлениях *OX, OY, OZ* оси координат будут одинаковы, и задача по определению теплопроводности сводится к вычислению коэффициента теплопроводности только в одном из направлений.

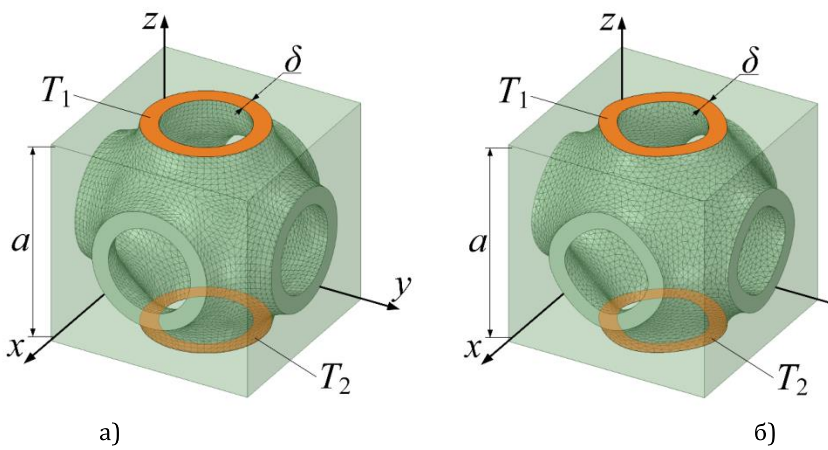


Рис. 2. Схема элементарных ячеек TPMS Шварца P: а) Surface Evolver; б) MSLattice

При исследовании теплопроводности TPMS Шварца P в рассмотрение были взяты элементарные кубические ячейки с длиной ребра куба $a = 5\ мм$ и толщиной стенки $0{,}2 \le \delta \le 0{,}7\ мм$. Также на рисунке 2 изображены грани ячеек, на которых заданы граничные условия первого рода ($T_1 = 0\ ^\circ C$ и $T_2 = 100\ ^\circ C$). Исходный материал, из которого состоят тела ячеек – алюминий с теплопроводностью $\lambda = 202{,}4$ *Вт/(м ºС)*.

Решение поставленной задачи теплопроводности осуществлялось в модуле Steady-State Thermal программного комплекса ANSYS. ANSYS – это комплекс программного обеспечения для инженерного анализа и моделирования. Он позволяет исследовать пористые материалы, моделируя и анализируя проницаемость, механические свойства, теплопередачу и другие характеристики таких материалов.

При решении задачи теплопроводности в ячейках TPMS Шварца P методом конечных элементов в модуле Steady-State Thermal программного комплекса ANSYS был принят ряд допущений:

1. Теплообмен отсутствует на всех гранях, где не заданы граничные условия 1 рода.
2. Теплообмен конвекцией и излучением отсутствует.
3. Теплофизические свойства материала постоянны и не зависят от температуры.

Сетка для решения задачи теплопроводности методом конечных элементов изображена на рис. 3 и состоит из 3 млн. элементов для каждой геометрии.

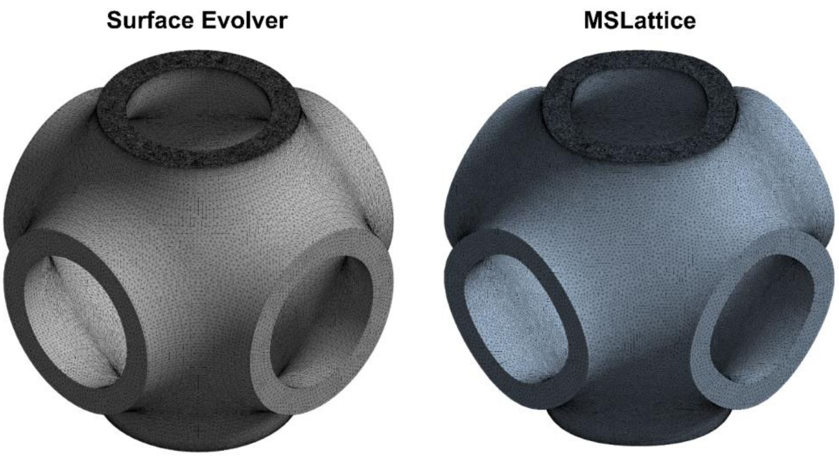


Рис. 3. Сетка для решения методом конечных элементов

Результаты. В результате численного решения задачи теплопроводности в элементарных ячейках TPMS Шварца P, изготовленных двумя различными способами, были получены поля распределения температуры, векторные поля тепловых потоков, а также зависимости коэффициента теплопроводности от толщины стенки ячейки.

На графике на рис. 4 изображена зависимость коэффициента теплопроводности элементарных ячеек от толщины стенки ячейки. Из анализа графика можно заключить о линейной зависимости коэффициента теплопроводности от толщины стенки в исследуемом диапазоне δ.

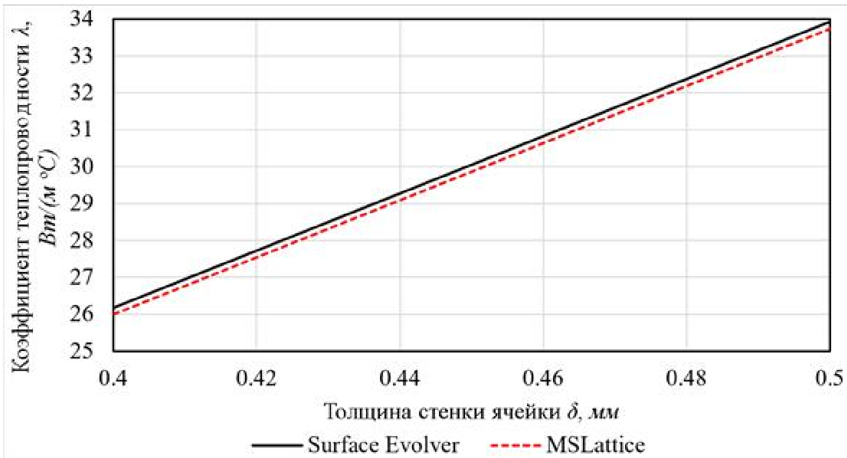


Рис. 4. График зависимости коэффициента теплопроводности от толщины стенки ячейки

Кроме того, стоит отметить незначительную разницу в значениях теплопроводности для ячейки, сгенерированной методом граничных условий (Surface Evolver) и неявным методом (MSLattice). Более точно данная разница видна в значениях коэффициентов теплопроводности, записанных в таблице 1.

Таблица 1

Результаты численного моделирования

Толщина стенки δ, *мм*	Коэффициент теплопроводности λ, *Вт/м °С*		Расхождение теплопроводности, *%*
	Surface Evolver	MSLattice	
0.2	10.6726	10.5675	0.984765
0.3	18.4225	18.2725	0.814222
0.4	26.1724	26.0044	0.641898
0.5	33.9223	33.7363	0.548312
0.6	41.6722	41.4682	0.489535
0.7	49.4221	49.2001	0.449192

Исходя из анализа результатов, можно сделать вывод о небольшом расхождении в значениях коэффициента теплопроводности для двух различных элементарных ячеек, которое составляет не более 1 %.

Заключение. В работе были изучены теплопроводящие свойства элементарных ячеек TPMS Шварца P, сгенерированных двумя различными методами, а именно: методом граничных условий и неявным методом. Для генерации TPMS методом граничных условий в работе применялся программный продукт Surface Evolver, а для генерации неявным методом – MSLattice.

Задача теплопроводности в элементарных ячейках решалась методом конечных элементов в модуле Steady-State Thermal программного комплекса ANSYS. Характерными геометрическими параметрами для элементарной ячейки являлись длина ребра куба $a = 5\ мм$ и толщина стенки $0{,}2 \le \delta \le 0{,}7\ мм$.

В ходе анализа полученных результатов была обнаружена линейная зависимость коэффициента теплопроводности от толщины стенки ячейки, а также незначительная разница в теплопроводности ячеек, изготовленных разными методами, которая составляет $\approx 1\%$.

Список литературы

1. *Брагин Д. М., Зинина С. А., Еремин А. В.* Исследование теплоизоляционных свойств композиционного материала с структурой ТПМП // Наукосфера. 2021. № 11–2. С. 120–124.

2. *Брагин Д. М., Зинина С. А., Попов А. И.* Тепловой поток в пористой упорядоченной структуре на основе топологии Schoen's I-WP(R) // Theoretical & Applied Science. 2022. № 10 (114). С. 145–150.

3. *Дьяченко С. В.* Физико-механические свойства модельного материала с топологией трижды периодических поверхностей минимальной энергии типа Гироид в форме куба / С. В. Дьяченко, Л. А. Лебедев, М. М. Сычев, Л. А. Нефедова // Журнал технической физики. 2018. Т. 88. № 7. С. 1014–1017.

4. *Попов А. И., Брагин Д. М., Зинина С. А.* Определение эффективного коэффициента теплопроводности пористого материала с упорядоченной структурой, основанной на ТПМП I-WP // Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности. 2022. Т. 7. № 3–1 (25). С. 61–67.

5. *Al-Ketan O., Abu Al-Rub R. K.* Multifunctional mechanical metamaterials based on triply periodic minimal surface lattices // Advanced Engineering Materials. 2019. Т. 21. № 10. P. 1900524.

6. *Al-Ketan O., Abu Al-Rub R. K.* MSLattice: A free software for generating uniform and graded lattices based on triply periodic minimal surfaces // Material Design & Processing Communications. 2021. T. 3. № 6. P. 205.
7. *Al-Ketan O. et al.* Additive manufacturing of architected catalytic ceramic substrates based on triply periodic minimal surfaces // Journal of the American Ceramic Society. 2019. T. 102. № 10. Pp. 6176–6193.
8. *Bragin D. M. et al.* Thermal Conductivity of a Porous Material with an Ordered Structure // 2022 4th International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA). IEEE, 2022. Pp. 858–861.
9. *Brakke K. A.* The surface evolver // Experimental mathematics. 1992. T. 1. № 2. Pp. 141–165.
10. *Brakke K. A.* Surface evolver manual // Mathematics Department, Susquehanna Univerisity, Selinsgrove, PA. 1994. T. 17870. № 2.24. P. 20.
11. *Cai Z. et al.* The effect of porosity on the mechanical properties of 3D-printed triply periodic minimal surface (TPMS) bioscaffold // Bio-Design and Manufacturing. 2019. T. 2. Pp. 242–255.
12. *Cheng Z. et al.* Investigations on porous media customized by triply periodic minimal surface: Heat transfer correlations and strength performance // International Communications in Heat and Mass Transfer. 2021. T. 129. P. 105713.
13. *Cole F. N.* The April meeting of the American Mathematical Society in New York. 1914.
14. *Eremin A. V. et al.* Numerical Study of Hydrodynamic Characteristics of Porous Material Based on Schwarz P Surface // 2021 3rd International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA). IEEE, 2021. Pp. 1030–1032.
15. *Evsevleev S. et al.* X-ray computed tomography procedures to quantitatively characterize the morphological features of triply periodic minimal surface structures // Materials. 2021. T. 14. № 11. P. 3002.
16. *Feng J. et al.* Porous scaffold design by solid T-splines and triply periodic minimal surfaces // Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering. 2018. T. 336. Pp. 333–352.
17. *Jung Y., Torquato S.* Fluid permeabilities of triply periodic minimal surfaces // Physical Review E. 2005. T. 72. № 5. P. 056319.
18. *Koch E.* On 3-Periodic Minimal Surfaces. l. Symmetry and Derivation. 1939.
19. *Lesmana L. A., Aziz M.* Triply periodic minimal surface-based heat exchanger as metal hydride hydrogen storage reactor // Chemical Engineering Transactions. 2021. T. 88. Pp. 229–234.
20. *Lu Y. et al.* The anisotropic elastic behavior of the widely-used triply-periodic minimal surface based scaffolds // Journal of the mechanical behavior of biomedical materials. 2019. T. 99. Pp. 56–65.
21. *Meeks III W. H.* The conformal structure and geometry of triply periodic minimal surfaces in R^3. 1977.
22. *Nagano T., Smyth B.* Periodic minimal surfaces and Weyl groups. 1980.
23. *Peng H., Gao F., Hu W.* Design, Modeling and Characterization on Triply Periodic Minimal Surface Heat Exchangers with Additive Manufacturing // 2019 International Solid Freeform Fabrication Symposium. University of Texas at Austin, 2019.
24. *Qureshi Z. A. et al.* Heat transfer performance of a finned metal foam-phase change material (FMF-PCM) system incorporating triply periodic minimal surfaces (TPMS) // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2021. T. 170. P. 121001.
25. *Tripathi Y., Shukla M., Bhatt A. D.* Implicit-function-based design and additive manufacturing of triply periodic minimal surfaces scaffolds for bone tissue engineering // Journal of Materials Engineering and Performance. 2019. T. 28. Pp. 7445–7451.
26. *Yao Y. et al.* High performance hydroxyapatite ceramics and a triply periodic minimum surface structure fabricated by digital light processing 3D printing // Journal of Advanced Ceramics. 2021. T. 10. Pp. 39–48.

Investigation of the influence of methods for generating thrice periodic minimal surfaces on their thermophysical properties

Popov Andrey Igorevich[1], Bragin Dmitry Mikhailovich[2], Zinina Sofya Alekseevna[3], Eremin Anton Vladimirovich[4]

[1]senior lecturer at the Department of Industrial Thermal Power Engineering, Samara State Technical University. Russia, Samara. E-mail: pixinot@icloud.com
[2]assistant of the Department of Industrial Thermal Power Engineering, Samara State Technical University. Russia, Samara. E-mail: dimabragin2204@yandex.ru
[3]assistant of the Department of Industrial Thermal Power Engineering, Samara State Technical University. Russia, Samara. E-mail: sofazinina4@gmail.com
[4]Doctor of Technical Sciences, associate professor, Head of the Department of Industrial Thermal Power Engineering, Samara State Technical University. Russia, Samara. E-mail: a.v.eremin@list.ru

Abstract. This article presents a study of thermal conductivity in elementary cells of thrice periodic minimum surfaces (TPMS) of Schwarz P generated by two different methods – the boundary condition method (Surface Evolver) and the implicit method (MSLattice). The aim of the study was to study the heat-conducting properties of these elementary cells. The study was carried out by the finite element method in the ANSYS software package, and the results include temperature distribution fields, vector fields of heat fluxes and the dependence of the thermal conductivity coefficient on the wall thickness of the cell. During the study, a linear dependence of the coefficient of thermal conductivity on the thickness of the cell wall was found, as well as a small difference in the values of thermal conductivity for cells obtained by different methods (no more than 1%). The results of this study have wide application potential in areas requiring understanding and control of thermal conductivity in TPMS-based structures, such as the development of new heat exchange devices and materials with predictable thermophysical properties.

Keywords: TPMS, generation, thermal conductivity, finite element method, ANSYS.

References

1. *Bragin D. M., Zinina S. A., Eremin A. V. Issledovanie teploizolyacionnyh svojstv kompozicionnogo materiala s strukturoj TPMP* [Investigation of thermal insulation properties of a composite material with a TPMP structure] // *Naukosfera* – Science-sphere. 2021. No. 11–2. Pp. 120–124.

2. *Bragin D. M., Zinina S. A., Popov A. I. Teplovoj potok v poristoj uporyadochennoj strukture na osnove topologii Schoen's I-WP(R)* [Heat flow in a porous ordered structure based on Schoen's I-WP(R) topology] // *Theoretical & Applied Science* – Theoretical & Applied Science. 2022. No. 10 (114). Pp. 145–150.

3. *D'yachenko S. V. Fiziko-mekhanicheskie svojstva model'nogo materiala s topologiej trizhdy periodicheskih poverhnostej minimal'noj energii tipa Giroid v forme kuba* [Physico-mechanical properties of a model material with a topology of thrice periodic surfaces of minimum energy of the Gyroid type in the form of a cube] / S. V. Dyachenko, L. A. Lebedev, M. M. Sychev, L. A. Nefedova // *Zhurnal tekhnicheskoj fiziki* – Journal of Technical Physics. 2018. Vol. 88. No. 7. Pp. 1014–1017.

4. *Popov A. I., Bragin D. M., Zinina S. A. Opredelenie effektivnogo koefficienta teploprovodnosti poristogo materiala s uporyadochennoj strukturoj, osnovannoj na TPMP I-WP* [Determination of the effective thermal conductivity coefficient of a porous material with an ordered structure based on TPMP I-WP] // *Mezhdunarodnyj zhurnal informacionnyh tekhnologij i energoeffektivnosti* – International Journal of Information Technology and Energy Efficiency. 2022. Vol. 7. No. 3–1 (25). Pp. 61–67.

5. *Al-Ketan O., Abu Al-Rub R. K.* Multifunctional mechanical metamaterials based on triply periodic minimal surface lattices // Advanced Engineering Materials. 2019. Vol. 21. No. 10. P. 1900524.

6. *Al-Ketan O., Abu Al-Rub R. K.* MSLattice: A free software for generating uniform and graded lattices based on triply periodic minimal surfaces // Material Design & Processing Communications. 2021. Vol. 3. No. 6. P. 205.

7. *Al-Ketan O. et al.* Additive manufacturing of architected catalytic ceramic substrates based on triply periodic minimal surfaces // Journal of the American Ceramic Society. 2019. Vol. 102. No. 10. Pp. 6176–6193.

8. *Bragin D. M. et al.* Thermal Conductivity of a Porous Material with an Ordered Structure // 2022 4th International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA). IEEE, 2022. Pp. 858–861.

9. *Brakke K. A.* The surface evolver // Experimental mathematics. 1992. Vol. 1. No. 2. Pp. 141–165.

10. *Brakke K. A.* Surface evolver manual // Mathematics Department, Susquehanna Univerisity, Selinsgrove, PA. 1994. Vol. 17870. No. 2.24. P. 20.

11. *Cai Z. et al.* The effect of porosity on the mechanical properties of 3D-printed triply periodic minimal surface (TPMS) bioscaffold // Bio-Design and Manufacturing. 2019. Vol. 2. Pp. 242–255.

12. *Cheng Z. et al.* Investigations on porous media customized by triply periodic minimal surface: Heat transfer correlations and strength performance // International Communications in Heat and Mass Transfer. 2021. Vol. 129. P. 105713.

13. *Cole F. N.* The April meeting of the American Mathematical Society in New York. 1914.

14. *Eremin A. V. et al.* Numerical Study of Hydrodynamic Characteristics of Porous Material Based on Schwarz P Surface // 2021 3rd International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA). IEEE, 2021. Pp. 1030–1032.

15. *Evsevleev S. et al.* X-ray computed tomography procedures to quantitatively characterize the morphological features of triply periodic minimal surface structures // Materials. 2021. Vol. 14. No. 11. P. 3002.

16. *Feng J. et al.* Porous scaffold design by solid T-splines and triply periodic minimal surfaces // Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering. 2018. Vol. 336. Pp. 333–352.

17. *Jung Y., Torquato S.* Fluid permeabilities of triply periodic minimal surfaces // Physical Review E. 2005. Vol. 72. No. 5. P. 056319.

18. *Koch E.* On 3-Periodic Minimal Surfaces. l. Symmetry and Derivation. 1939.

19. *Lesmana L. A., Aziz M.* Triply periodic minimal surface-based heat exchanger as metal hydride hydrogen storage reactor // Chemical Engineering Transactions. 2021. Vol. 88. Pp. 229–234.

20. *Lu Y. et al.* The anisotropic elastic behavior of the widely-used triply-periodic minimal surface based scaffolds // Journal of the mechanical behavior of biomedical materials. 2019. Vol. 99. Pp. 56–65.

21. *Meeks III W. H.* The conformal structure and geometry of triply periodic minimal surfaces in R^3. 1977.

22. *Nagano T., Smyth B.* Periodic minimal surfaces and Weyl groups. 1980.

23. *Peng H., Gao F., Hu W.* Design, Modeling and Characterization on Triply Periodic Minimal Surface Heat Exchangers with Additive Manufacturing // 2019 International Solid Freeform Fabrication Symposium. University of Texas at Austin, 2019.

24. *Qureshi Z. A. et al.* Heat transfer performance of a finned metal foam-phase change material (FMF-PCM) system incorporating triply periodic minimal surfaces (TPMS) // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2021. Vol. 170. P. 121001.

25. *Tripathi Y., Shukla M., Bhatt A. D.* Implicit-function-based design and additive manufacturing of triply periodic minimal surfaces scaffolds for bone tissue engineering // Journal of Materials Engineering and Performance. 2019. Vol. 28. Pp. 7445–7451.

26. *Yao Y. et al.* High performance hydroxyapatite ceramics and a triply periodic minimum surface structure fabricated by digital light processing 3D printing // Journal of Advanced Ceramics. 2021. Vol. 10. Pp. 39–48.

УДК 372.016:004.9(091) DOI 10.25730/VSU.0536.23.007

Цифровые технологии при работе с элементами истории математики в школе

Безенкова Елена Викторовна
аспирант кафедры высшей математики и методики обучения математике,
Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет.
Россия, г. Пермь. E-mail: elena-bezenkova@yandex.ru

Аннотация. В статье раскрыта роль включения элементов истории математики в процесс обучения школьников. Перечислены личностные и метапредметные результаты освоения основной общеобразовательной программы, формированию которых способствует знакомство в школьном курсе математики с историей науки. Подчеркнуты возможности цифровых ресурсов при организации урочной и внеурочной деятельности по математике с материалом из истории науки. Представлены приемы работы с элементами истории математики, традиционные и с применением компьютерных технологий. Указан ряд цифровых платформ, которые могут использоваться при этом, даны ссылки и краткий обзор работы на них. Дано определение цепочек заданий с использованием информационных ресурсов истории математики, описано историческое сопровождение курса геометрии 7–9 классов. Показана организация деятельности учителя и учащихся при этом. Приведены примеры.

Ключевые слова: история математики, цифровизация образования, приемы работы.

Реалии современного мира таковы, что цифровизация занимает прочные позиции во всех сферах жизни, включая и образование. Использование ресурсов компьютерных технологий открывает перед учителями колоссальные возможности в построении процесса получения знаний. Позволяет организовать обучение в более увлекательных, полезных и интересных для современного подростка формах. Кроме того, «существующие информационно-образовательные среды направлены на ученика как субъекта деятельности и позволяют учитывать его интересы и склонности, темпы и цели обучения, тем самым повышая эффективность и результативность образовательного процесса» [5]. А также формирование современной информационно-образовательной среды образовательного учреждения является одним из требований Федерального государственного образовательного стандарта [7].

Усилению познавательного интереса к предмету математики способствует также использование информационных ресурсов истории науки, которая включает предмет и методы математики, математический язык, ведущие идеи и понятия, связь с другими науками и практикой. Заметим, что последнее важно для реализации междисциплинарного подхода в образовании [1]. История науки раскрывает процесс научного познания и его методы, практику творческой деятельности, культуру и стиль мышления.

Знакомство с историей математики дает возможность формирования у школьников ряда личностных и метапредметных результатов. Таких, как предпосылки для развития научного мировоззрения, развития мышления, творческих и исследовательских способностей. Способствует воспитанию патриотических и духовно-нравственных качеств подростков и молодежи [3]. Методически грамотно организованная работа с элементами истории математики может служить средством развития коммуникативных умений школьников, развивать их читательскую, цифровую, а вместе с тем и математическую грамотность.

Тема использования сведений из истории математики в обучении школьников раскрыта в исследованиях многих ученых-математиков и педагогов-методистов. Ей посвящены работы В. В. Бобынина, Б. В. Гнеденко, А. П. Юшкевича, К. А. Рыбникова, Г. И. Глейзера, Т. С. Поляковой, А. Е. Малых, Ю. А. Дробышева, Н. В. Александровой и многих других. Собрана библиотека специальной литературы.

Наряду с такими традиционными формами знакомства школьников с элементами истории математики, как беседы, рассказы, доклады учеников, решение старинных задач, оформление стенгазет и т. д., современный учитель имеет возможность использовать преимущества компьютерных технологий. Их применение в сфере образования предполагает реализацию возможностей информационных и коммуникационных технологий (ИКТ) для достижения ряда педагогически значимых целей. К ним, согласно с И. В. Роберт, отнесем: развитие личности обучающегося, его подготовку к комфортной жизнедеятельности в условиях современного информационного общества массовой коммуникации и глобализации; реализацию социального заказа в условиях информатизации, глобализации и массовой коммуникации современного общества; интенсификацию всех уровней образовательного процесса системы непрерывного образования [6].

В работе с элементами истории математики разделим условно применение ИКТ на несколько категорий:

1) Создание презентаций;
2) Составление и отгадывание кроссвордов;
3) Работа с интерактивными рабочими листами;
4) Написание тестов, викторин, игр;
5) Поиск материала в интернете.

Опишем ряд цифровых ресурсов и формы работы с материалом истории науки. Начнем с поиска достоверной, проверенной информации. Учитывая, что в учебниках материал из истории математики представлен в незначительном количестве, поиск ее – самостоятельное дело каждого. Не секрет, что доверять всему, что найдешь в интернете, нельзя. Полезно показать ученикам примеры подобных вещей, и чтобы обезопаситься в этом плане, следует предоставить им перечень учебников и сайтов с проверенной информацией. Это могут быть:

1) http://school-collection.edu.ru/collection/;
2) http://fcior.edu.ru;
3) http://www.etudes.ru;
4) http://www.kvant.info;
5) http://pyrkov-professor.ru/Default.aspx?tabid=86.

Использование материала из истории математики в виде презентаций помогает совершенствовать формы подачи информации (экономия времени на уроке), увеличить уровень наглядности, приобрести быструю обратную связь, соответствовать научным, культурным и эстетическим интересам и запросам учащихся, обеспечить эмоциональное отношение к учебной информации, активизировать познавательную деятельность учащихся, реализовать принципы индивидуализации и дифференциации учебного процесса. Подобную форму работы используют в своей деятельности и учителя и школьники. Это могут быть готовые материалы или составленные самостоятельно при подготовке к уроку или выступлению на конференциях, семинарах и т. д. Их создание не является для школьников новым или сложным делом. Наряду с такими программами, как Google Slides, Canva, Visme, Prezi, самым распространенным ресурсом остается PowerPoint. Здесь следует обратить внимание на грамотное оформление (читаемый шрифт, формат картинок, цвет), краткость и лаконичность представляемого материала, соотнесение информации на слайдах с текстом выступления.

Создание и разгадывание кроссвордов на основе материала из истории математики позволяет использовать все уровни усвоения знаний: от воспроизводящей до творческо-поисковой деятельности. Отгадывание кроссвордов оттачивает и дисциплинирует ум, приучая школьников к четкой логике, к рассуждению и доказательству. Кроме того, грамотно выстроенная методика работы по составлению и отгадыванию кроссвордов способствует развитию навыков смыслового чтения, тем самым повышая читательскую грамотность школьников [4]. Существует большое количество цифровых платформ по составлению кроссвордов, это CrossMaker, biouroki, генератор «Кроссворд». Принцип действия везде одинаков, но есть особенности по вставлению в кроссворд рисунков и портретов, что важно для истории математики. Мы отдаем предпочтение сервису «Фабрика кроссвордов» (https://puzzlecup.com/crossword-ru). На нем легко составить кроссворд с портретами ученых. Кроме того, не достаточно просто ввести слова, как на других платформах, а требуется самостоятельно подобрать определения к ним. Что стимулирует школьников к более вдумчивой работе над текстами. Задания по составлению и отгадыванию кроссвордов полезно давать школьникам в виде домашней работы, это экономит время на уроке. Также учитель без труда увидит результаты зарегистрированных участников и при желании может выставить оценку.

Еще одной формой работы с элементами истории математики является составление и использование в практике интерактивных рабочих листов (ИРЛ), под которыми понимаем карточки для самостоятельной работы (представление, изучение материала или выполнение некоторых заданий), представленные в электронном виде. Они хороши тем, что на одном листе мы можем представить информацию в разных видах, это и текст, и рисунки, портреты, и видео, и ссылки на сайты и тесты, викторины и т. д. Задавая ученикам задание найти информацию об ученом или математическом открытии, мы просим представить ее в виде ИРЛ и отправить нам ссылки на него. И снова экономия времени на уроке, так как поработать с готовыми ИРЛ школьники могут дома. Существует достаточное количество онлайн-ресурсов для составления ИРЛ, таких как Wizer.me, Liveworksheets, Core, Blendspace, Classflow и др. Мы отдаем предпочтение Core (https://coreapp.ai/). Это онлайн-платформа конструирования образовательных материалов и проверки знаний с обратной связью и электронным журналом. Данный конструктор был создан в рамках проекта «Национальная Открытая Школа». С его помощью учитель может создавать интерактивные уроки, интерактивные рабочие листы. После создания своего аккаунта учитель получает доступ к созданию интерактивного урока, может воспользоваться шаблонами или начать конструирование урока с нуля. Создав интерактивный рабочий лист, учитель отправляет его ученикам. Получив ссылку, они могут начать работу над заданиями. Также, если нет возможности работать в онлайн-режиме, можно распечатать эти листы. Кроме того, в этом сервисе можно создавать различные игры, конкурсы, викторины по материалам истории математики. Для этого существуют готовые шаблоны, в которые достаточно вставить соответствующие вопросы или задания. Все это чаще используется во внеурочной деятельности.

В завершении следует сказать о том, что используя в педагогической деятельности разные приемы работы с материалом истории математики, в традиционной форме или с использованием цифровых технологий, полезно объединять их в методически продуманные цепочки заданий. Под которой понимаем несколько, различных по форме, но связанных одной тематикой, упражнений, созданных учителем или школьниками. Каждая цепочка содержит от трех до шести дополнительных заданий, связанных с материалом из истории науки. Их выполнение не должно занимать много времени на уроке, большую часть школьники выполняют самостоятельно в виде домашнего задания. Интересные работы представляются одноклассникам в виде докладов, презентаций, стенгазет или интерактивных листов, по которым предусмотрена дальнейшая работа. Прохождение всей цепочки подразумевается параллельно с изучением материала одной главы. Полезными в этом случае могут оказаться возможности такой цифровой платформы, как Online Test Pad (https://onlinetestpad.com/ru/taskmaker). В частности, на ней есть функция создания комплексных заданий. Ее особенность заключается в том, что в одно задание одновременно можно включить неограниченное количество тестов, кроссвордов, логических игр и т. д., создавая тем самым цепочку заданий, выполнить которую необходимо за определенный промежуток времени. Помимо этого здесь же есть возможность создания кроссвордов, тестов, викторин, логических игр и интерактивных уроков.

Приведем примеры подобных цепочек. На первых уроках геометрии в 7 классе учитель традиционно рассказывает историю возникновения этой науки. Затем предлагается самостоятельно в виде домашнего задания разгадать интерактивный кроссворд, составленный учителем и состоящий из определений простейших геометрических фигур, в котором выделено слово Евклид. К следующему уроку подготовить доклад, стенгазету или интерактивный лист об этом философе и его вкладе в науку.

В 8 классе при прохождении темы «Подобные треугольники» полезно предложить ученикам следующую цепочку заданий. На уроке закрепления устный счет провести на готовых чертежах в виде шарады, в которой загадано слово Фалес. Предложить школьникам найти информацию об этом философе и оформить ее в виде доклада, презентации, стенгазеты или интерактивного листа. На следующем уроке раздать получившиеся тексты и попросить учеников дома выделить ключевые слова и по ним составить кроссворд, ссылки на который раздать одноклассникам и учителю для решения. К итоговому повторению составить тест из вопросов истории подобия треугольников.

Предложенная нами методика предполагает историческое сопровождение курса геометрии 7–9 классов по учебнику Л. С. Атанасяна. Под ним понимаем: «обеспечение изучения каждой главы учебника соответствующим ему материалом из истории математики, представленном в расширенном варианте» [2].

Безусловно, описанные формы и приемы работы с историческим материалом на уроках геометрии требуют тщательной, предварительной подготовки. Учителю следует как минимум:

1) Методически продумать организацию;

2) Тщательно отобрать материал из истории математики;

3) Иметь запас соответствующих заданий по каждой теме из курса геометрии;

4) Научить школьников работать с информацией, с историческими и математическими текстами, а также с конструкторами по созданию кроссвордов, тестов, викторин;

5) Научить представлять информацию, выступать на публике (план выступления, ключевые слова, ответы на вопросы и т. д.).

Отметим, что привлекая к систематической, методически продуманной работе с элементами истории математики компьютерные технологии, мы формируем у школьников, кроме перечисленных в начале статьи личностных и метапредметных результатов, также математическую, читательскую и цифровую грамотность.

Список литературы

1. *Безенкова Е. В.* Междисциплинарный подход как средство формирования личностных и метапредметных результатов // Вестник Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета. Серия 3: Гуманитарные и общественные науки. Вып. 1. 2019. С. 50–58.

2. *Безенкова Е. В.* Историческое сопровождение курса геометрии к учебнику Л. С. Атанасяна для 7–9 классов // Геометрические аспекты в преподавании математики в высшей и средней школе : мат-лы международной конференции «Классическая и современная геометрия» (к 100-летию со дня рождения Л. С. Атанасяна), г. Москва, 1–4 ноября 2021 г. / под общ. ред. Н. И. Гусевой. М. : МПГУ, 2022. 216 с.

3. *Безенкова Е. В.* О формировании личностных и метапредметных результатов обучения на уроках геометрии в 7–9 классах средствами истории математики // Преподавание математики и информатики в школах и вузах: проблемы содержания, технологии и методики : сб. научных и научно-практических статей VII Всероссийской научно-практической конференции (26–27 ноября 2021 г.) / науч. ред. Е. М. Вечтомов, отв. ред. И. В. Владыкина, Н. В. Леонтьева; Глазовский государственный педагогический институт. Глазов : ГГПИ, 2022.

4. *Безенкова Е. В., Плотникова Е. Г.* Элементы истории математики как средство формирования читательской грамотности школьников 7–9 классов // Ученые записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского. Социология. Педагогика. 2022. Т. 8 (74). № 1.

5. *Демина Е. В.* Информационная интерактивная среда школы как средство обеспечения качественных образовательных услуг : дис. … канд. пед. наук. Томск, 2016. 218 с.

6. *Роберт И. В.* Теория и методика информатизации образования (психолого-педагогический и технологический аспекты). М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. 398 с.

7. *Ромадина О. Г.* Интерактивные ресурсы как средство формирования универсальных учебных действий учащихся / О. Г. Ромадина, М. С. Соловьева // Вестник КГПУ им. В. П. Астафьева. 2015. № 1 (31). С. 69–73.

Digital technologies when working with elements of the history of mathematics at school

Bezenkova Elena Viktorovna
postgraduate student of the Department of Higher Mathematics and Mathematics Teaching Methods,
Perm State University of Humanities and Pedagogy. Russia, Perm. E-mail: elena-bezenkova@yandex.ru

Abstract. The article reveals the role of including elements of the history of mathematics in the learning process of schoolchildren. The personal and meta-subject results of mastering the basic general education program are listed, the formation of which is facilitated by familiarity with the history of science in the school mathematics course. The possibilities of digital resources in the organization of regular and extracurricular activities in mathematics with material from the history of science are emphasized. The techniques of working with elements of the history of mathematics, traditional and using computer technology, are presented. A number of digital platforms that can be used in this case are indicated, links and a brief overview of work on them are given. The definition of task chains using information resources of the history of mathematics is given, the historical support of the geometry course of grades 7–9 is described. The organization of the activities of the teacher and students is shown at the same time. Examples are given.

Keywords: history of mathematics, digitalization of education, working methods.

References

1. *Bezenkova E. V. Mezhdisciplinarnyj podhod kak sredstvo formirovaniya lichnostnyh i metapredmetnyh rezul'tatov* [Interdisciplinary approach as a means of forming personal and meta-subject results] // *Vestnik Permskogo gosudarstvennogo gumanitarno-pedagogicheskogo universiteta. Seriya 3: Gumanitarnye i obshchestvennye nauki* – Herald of Perm State Humanitarian Pedagogical University. Series 3: Humanities and Social Sciences. Is. 1. 2019. Pp. 50–58.

2. *Bezenkova E. V. Istoricheskoe soprovozhdenie kursa geometrii k uchebniku L. S. Atanasyana dlya 7–9 klassov* [Historical support of the geometry course to L. S. Atanasyan's textbook for grades 7–9] // *Geometricheskie aspekty v prepodavanii matematiki v vysshej i srednej shkole : mat-ly mezhdunarodnoj konferencii "Klassicheskaya i sovremennaya geometriya" (k 100-letiyu so dnya rozhdeniya L. S. Atanasyana), g. Moskva, 1–4 noyabrya 2021 g.* – Geometric aspects in teaching mathematics in higher and secondary schools : materials of the international conference "Classical and Modern Geometry" (to the 100th anniversary of L. S. Atanasyan's birth), Moscow, November 1–4, 2021 / under the gen. ed. of N. I. Guseva. M. MPSU. 2022. 216 p.

3. *Bezenkova E. V. O formirovanii lichnostnyh i metapredmetnyh rezul'tatov obucheniya na urokah geometrii v 7–9 klassah sredstvami istorii matematiki* [On the formation of personal and meta-subject learning outcomes in geometry

lessons in grades 7–9 by means of the history of mathematics] // *Prepodavanie matematiki i informatiki v shkolah i vuzah: problemy soderzhaniya, tekhnologii i metodiki : sb. nauchnyh i nauchno-prakticheskih statej VII Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii (26–27 noyabrya 2021 g.)* – Teaching mathematics and computer science in schools and universities: problems of content, technology and methodology : collection of scientific and scientific-practical articles of the VII All-Russian scientific-practical conference (November 26–27, 2021) / scient. ed. by E. M. Vechtomov, ed. by I. V. Vladykina, N. V. Leontieva; Glazov State Pedagogical Institute. Glazov. GSPI. 2022.

4. *Bezenkova E. V., Plotnikova E. G. Elementy istorii matematiki kak sredstvo formirovaniya chitatel'skoj gramotnosti shkol'nikov 7–9 klassov* [Elements of the history of mathematics as a means of forming the reading literacy of schoolchildren of grades 7–9] // *Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta im. V. I. Vernadskogo. Sociologiya. Pedagogika* – Scientific notes of the V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Sociology. Pedagogy. 2022. Vol. 8 (74). No. 1.

5. *Demina E. V. Informacionnaya interaktivnaya sreda shkoly kak sredstvo obespecheniya kachestvennyh obrazovatel'nyh uslug : dis. … kand. ped. nauk* [The interactive information environment of the school as a means of providing high-quality educational services : dis. ... PhD in Pedagogical Sciences]. Tomsk. 2016. 218 p.

6. *Robert I. V. Teoriya i metodika informatizacii obrazovaniya (psihologo-pedagogicheskij i tekhnologicheskij aspekty)* [Theory and methodology of informatization of education (psychological, pedagogical and technological aspects)]. M. BINOM. Laboratotiya Znaniy (Laboratory of Knowledge). 2014. 398 p.

7. *Romadina O. G. Interaktivnye resursy kak sredstvo formirovaniya universal'nyh uchebnyh dejstvij uchashchihsya* [Interactive resources as a means of forming universal educational actions of students] / O. G. Romadina, M. S. Solovyova // *Vestnik KGPU im. V. P. Astaf'eva* – Herald of KSPU n. a. V. P. Astafiev. 2015. No. 1 (31). Pp. 69–73.

УДК 37.016:519.2 DOI 10.25730/VSU.0536.23.008

О степенных средних величинах в курсе математики

Трефилова Елена Сергеевна[1], Чиркова Лариса Николаевна[2]
[1]старший преподаватель кафедры фундаментальной математики, Вятский государственный университет. Россия, г. Киров. E-mail: usr11265@vyatsu.ru
[2]кандидат педагогических наук, доцент кафедры фундаментальной математики, Вятский государственный университет. Россия, г. Киров. E-mail: usr11713@vyatsu.ru

Аннотация. В предлагаемой статье рассмотрены некоторые вопросы изучения одной из тем математической статистики – степенных средних величин – для направления подготовки «Таможенное дело», реализуемого в Вятском государственном университете. Дается краткий анализ средних величин с точки зрения применения их на занятиях со студентами направления «Таможенное дело». В статье приводятся профессионально направленные практические задачи на использование формул для вычисления степенных средних показателей, позволяющие повысить интерес к математике и выбранной сфере деятельности и вырабатывающие умения применять полученные знания на практике. Материалы статьи могут быть интересны преподавателям и студентам при изучении курсов математики и статистики.

Ключевые слова: математика, математическая статистика, средние величины, средняя арифметическая, средняя геометрическая, средняя квадратическая, средняя гармоническая, мода, медиана, профессиональная направленность обучения математике.

Одной из дисциплин, формирующей общепрофессиональные компетенции специалистов различных направлений, является математика, поскольку при изучении экономических и специальных учебных дисциплин в вузе требуется хорошее владение математическим аппаратом. В число обязательных разделов математики входит математическая статистика, одна из задач которой – выявление методов сбора и обработки статистической информации для получения обоснованных научных и практических выводов о закономерностях окружающего мира.

Данный раздел включен в курс математики разных направлений подготовки, занимающихся исследовательской деятельностью в различных профессиональных областях. Так, будущие специалисты направления «Таможенное дело» исследуют количественную сторону массовых явлений и процессов, происходящих во внешней торговле страны [1, с. 10], таможенная служба постоянно ведет сбор и обработку данных о перемещении товаров через границу и предоставляет сведения о внешней торговле товарами, декларации на товары и другие документы, которые являются исходными данными при формировании таможенной статистики внешней торговли.

Студенты рассматривают понятие генеральной совокупности – всей подлежащей изучению базы объектов, без сомнения, изучение всей генеральной совокупности позволяет получить о ней достоверную информацию. Однако в силу различных причин (ограничение по пространству, времени, материальным затратам, слишком большое число объектов и пр.) вся генеральная совокупность часто бывает недоступна для сплошного исследования. Поэтому о закономерностях всей совокупности приходится судить, проводя выборочное наблюдение, при котором исследуется только часть единиц, отобранная определенным способом из генеральной совокупности, при этом полученная выборочная совокупность (выборка) обязательно должна быть репрезентативной. Дальнейшее изучение какого-либо явления идет уже с использованием выборочной совокупности, и полученные по ней выводы распространяются на всю изучаемую генеральную совокупность с некоторой погрешностью.

В большинстве случаев выборочная совокупность организуется как для определения среднего значения признака в генеральной совокупности, например, средней стоимости данного товара, среднего веса брутто, так и для определения доли элементов генеральной совокупности, обладающих некоторым признаком, например, доли товаров данной товарной позиции, произведенной в конкретной стране, в общем импорте этой товарной позиции.

После отбора элементов в выборочную совокупность они обычно подвергаются группировке, выбор которой зависит от целей исследования, поэтому в большинстве случаев расчеты делаются уже по сгруппированным по какому-то признаку данным – статистическим рядам распределения, которые бывают атрибутивными и вариационными. Одним из показателей статистического вариационного ряда являются средние величины, характеризующие типичный уровень варьирующего количественного признака на единицу совокупности в определенных условиях места и времени [3, с. 28].

При решении практических задач часто достаточно указать числовые характеристики, определяющие закономерности распределения случайной величины. Средние величины строятся на основе большого количества индивидуальных значений варьирующего признака и являются обобщающими статистическими показателями, дающими сводную (итоговую) характеристику массовых общественных явлений [2, с. 43]. Относительно средней величины группируются, рассеиваются всевозможные значения случайной величины. Средняя величина отражает общее, характерное и типичное для всей совокупности благодаря взаимопогашению в ней случайных, нетипичных различий между признаками отдельных ее единиц.

Средние величины характеризуют центральную тенденцию распределения и имеют ту же размерность, что и признак у отдельного элемента совокупности [4, с. 270]. На занятиях студенты знакомятся с различными видами средних величин, которые делят на два класса: степенные средние (средняя арифметическая, средняя гармоническая, средняя геометрическая, средняя квадратическая) и структурные средние (мода, медиана).

Самый часто используемый в практических задачах вид степенной средней – средняя арифметическая – не является новым термином для студентов и знакома им еще со средней школы.

Простая средняя арифметическая вычисляется как сумма всех значений варьирующего признака, разделенная на общее количество единиц совокупности: $\bar{x}_{ариф} = \dfrac{x_1 + x_2 + \ldots + x_n}{n}$. Кроме того, студенты изучают взвешенную среднюю арифметическую величину: $\bar{x}_{ариф} = \dfrac{k_1x_1 + k_2x_2 + \ldots + k_nx_n}{k_1 + k_2 + \ldots + k_n}$.

Приведем пример профессионально ориентированных задач на вычисление средней арифметической дискретного вариационного ряда.

Пример 1. Имеются данные о значениях веса брутто (кг) десяти товарных партий некоторой товарной позиции, перемещаемых через таможенный пункт: 18, 25, 14, 20, 36, 15, 30, 20, 10, 22. Построить дискретный вариационный ряд товарных партий по весу брутто и найти среднее значение веса брутто.

Для решения выписывают все значения количественного признака в порядке возрастания и вычисляют среднее значение веса брутто:

$$\bar{x}_{ариф} = \frac{10+14+15+18+20+20+22+25+30+36}{10} = \frac{210}{10} = 21 \text{ (кг)}.$$

Студенты должны уяснить, что простая средняя арифметическая применяется в тех случаях, когда данные не сгруппированы.

Следующая задача, решаемая на практическом занятии, иллюстрирует вычисление взвешенной средней.

Пример 2. Имеются данные о значениях среднего стажа работников (лет) трех таможенных постов. Найти средний стаж работников по всем таможенным постам.

Таблица 1

Данные о стаже работников таможенных постов

№ таможенного поста	Средний стаж работы, лет	Число работников, чел.
1	5	9
2	7	6
3	10	5

Для решения необходимо вычислить общее количество работников трех таможенных постов как сумму 9+6+5=20 (чел.), общий стаж работы, потом использовать формулу для нахождения взвешенной средней арифметической:

$$\bar{x}_{ариф} = \frac{9\cdot 5 + 6\cdot 7 + 5\cdot 10}{20} = \frac{137}{20} = 6{,}85 \text{ (лет)}.$$

Формула для вычисления средней арифметической может быть использована и для решения задач, в которых группировка осуществлена по непрерывному признаку (интервальные вариационные ряды).

Пример 3. Имеются данные, характеризующие дифференциацию потребления кофе в крайних децильных группах домохозяйств [5, с. 147]. Вычислить средний уровень потребления кофе в каждой группе.

Таблица 2

Данные о потреблении кофе в децильных группах

Потребление кофе в год, кг	% к итогу по 10 % домохозяйств	
	наименее обеспеченных (первая группа)	наиболее обеспеченных (десятая группа)
менее 3	38	6
3–5	22	12
5–7	18	34
7–9	14	28
9 и более	8	20
Итого	100	100
Обследовано домохозяйств	126	132

Для решения задачи необходимо сначала выбрать среднее значение признака в каждом интервале, а затем применить формулу для нахождения средней взвешенной арифметической. Отметим, что для открытых интервалов, у которых не указана верхняя или нижняя границы, для их нахождения используется длина соседнего интервала. Таким образом, студенты находят середины интервалов соответственно 2, 4, 6, 8, 10 (кг) и вычисляют среднее количество потребляемого кофе в указанных первой и второй группах:

$\bar{x}_{ариф} = \dfrac{2\cdot 38+4\cdot 22+6\cdot 18+8\cdot 14+10\cdot 8}{100} = 4,64\ (кг)$ – средний уровень потребления кофе в группе наименее обеспеченных домохозяйств;

$\bar{x}_{ариф} = \dfrac{2\cdot 6+4\cdot 12+6\cdot 34+8\cdot 28+11\cdot 20}{100} = 6,88\ (кг)$ – средний уровень потребления кофе в группе наиболее обеспеченных домохозяйств.

Кроме средней арифметической, большое практическое значение имеет средняя гармоническая величина, которая также может быть простой и взвешенной:

$$\bar{x}_{гарм} = \frac{n}{\frac{1}{x_1}+\frac{1}{x_2}+\ldots+\frac{1}{x_n}} \text{ и } \bar{x}_{гарм} = \frac{k_1+k_2+\ldots+k_n}{\frac{k_1}{x_1}+\frac{k_2}{x_2}+\ldots+\frac{k_n}{x_n}}.$$

По отношению к средней арифметической средняя гармоническая величина является обратной средней арифметической величиной к среднему от обратных значений признака и применяется в тех случаях, когда слагаемые в числителе при вычислении средней арифметической известны, а значения знаменателя неизвестны, но могут быть найдены в результате деления одного показателя на другой.

Пример 4. Имеются данные о значениях фонда заработной платы за месяц (у.е.) и средней зарплате работников трех таможенных постов. Найти среднюю зарплату работников.

Таблица 3

Данные о заработной плате работников таможенных постов

№ таможенного поста	Фонд заработной платы (тыс. руб.)	Средняя заработная плата (тыс. руб.)
1	690	46
2	588	49
3	484	44

Для нахождения средней заработной платы по всей выборочной совокупности студентам необходимо использовать формулу взвешенной средней гармонической, так как количество работников неизвестно:

$$\bar{x}_{гарм} = \frac{690+588+484}{\frac{690}{46}+\frac{588}{49}+\frac{484}{44}} = \frac{1762}{15+12+11} = \frac{1762}{38} \approx 46,4 \text{ (тыс. руб.).}$$

Одной из важнейших задач таможенной статистики является изучение изменений анализируемых показателей во времени (динамика явления) при помощи анализа временных рядов, при этом средняя геометрическая величина применяется для определения средних относительных изменений (базисного и цепного):

$$\bar{x}_{геом} = \sqrt[n]{x_1 \cdot x_2 \cdot \ldots \cdot x_n} \text{ и } \bar{x}_{геом} = \sqrt[n]{x_1^{k_1} \cdot x_2^{k_2} \cdot \ldots \cdot x_n^{k_n}}, \text{ где } n = k_1 + k_2 + \ldots + k_n.$$

Приведем профессионально ориентированные задачи на нахождение средней геометрической величины, которая чаще всего используется для вычисления среднего коэффициента роста, решаемые в курсе математики при обучении будущих специалистов таможенного дела.

Пример 5. Имеются данные о значениях коэффициента роста цены товарной позиции за полугодие. Найти среднемесячный коэффициент роста цены.

Таблица 4

Данные о значениях коэффициента роста цены

Месяцы	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июль
Коэффициент роста цены, % к предыдущему месяцу	1,1	1,2	1,28	1,07	0,98	0,95

Каждое значение признака встречается один раз, поэтому для решения студенты используют формулу для нахождения простой средней геометрической:

$$\bar{x}_{геом} = \sqrt[6]{1{,}1 \cdot 1{,}2 \cdot 1{,}28 \cdot 1{,}07 \cdot 0{,}98 \cdot 0{,}95} \approx \sqrt[6]{1{,}68} \approx 1{,}09$$

составил среднемесячный коэффициент роста цены товарной позиции.

Пример 6. Имеются данные о перевозке грузов через границу на некотором таможенном пункте. Определите средний темп роста объема перевозок.

Таблица 5

Данные об объеме перевозок грузов через таможенный пункт

	Январь	Февраль	Март	Апрель
Перевезено грузов, тыс. тонн	35	40	42	50

Для вычисления среднемесячного темпа роста перевозок необходимо сначала найти месячный темп роста и затем применить формулу простой средней геометрической.

Месячные темпы роста $x_1 = \dfrac{40}{35} \approx 1{,}143 = 114{,}3\%$; $x_2 = \dfrac{42}{40} = 1{,}050 = 105{,}0\%$; $x_3 = \dfrac{50}{42} \approx 1{,}190 = 119{,}0\%$.

Среднемесячный темп роста составит $\bar{x}_{геом} = \sqrt[3]{1{,}143 \cdot 1{,}050 \cdot 1{,}190} \approx 1{,}126$, или 112,6 %.

Пример 7. Известно, что месячные темпы импорта некоторого товара в течение полугодия составили 112 %, 115 %, 112 %, 120 %, 96 %, 120 %. Найдите среднемесячный темп роста импорта данного товара.

При анализе условия задачи мы видим, что значения темпов импорта отличаются, но среди них встречаются и одинаковые, поэтому для решения нужно применить формулу взвешенной средней геометрической.

Имеем: $\bar{x}_{геом} = \sqrt[6]{1{,}12^2 \cdot 1{,}15 \cdot 1{,}2^2 \cdot 0{,}96} = 1{,}122 = 112{,}2\%$.

В некоторых случаях экономической практики бывает необходимо рассчитать средний размер признака, выраженного в квадратных единицах измерения. Тогда применяется средняя квадратическая (например, для вычисления средней величины стороны квадратных участков, средних диаметров бревен, труб):

$$\bar{x}_{кв} = \sqrt{\frac{x_1^{\ 2} + x_2^{\ 2} + \ldots + x_n^{\ 2}}{n}} \text{ и } \bar{x}_{кв} = \sqrt{\frac{k_1 x_1^{\ 2} + k_2 x_2^{\ 2} + \ldots + k_n x_n^{\ 2}}{n}}, \text{ где } n = k_1 + k_2 + \ldots + k_n.$$

Приведем практическую задачу на нахождение средней квадратической величины.

Пример 8. Фирма перевозит через границу три вида строганого бруса квадратного сечения со сторонами 10, 15 и 20 см. Определить сторону среднего (по площади сечения) строганого бруса.

При анализе задачи мы видим, что должно выполняться равенство суммы исходных площадей и суммы площадей средних по площади сечений, тогда

$$\bar{x}_{кв} = \sqrt{\frac{10^2 + 15^2 + 20^2}{3}} = \sqrt{\frac{725}{3}} \approx 15{,}5 \text{ (см).}$$

Отметим, что средняя квадратическая величина из вариантов x_i имеет ограниченное применение в практике, тогда как наиболее часто используется средняя квадратическая не из самих вариантов x_i, а из их отклонений от средней $x_i - \overline{x}$, при расчете среднего квадратического отклонения.

Подчеркнем, что для изучения темы «Средние величины» в курсе математики выделяется немного времени, поэтому желательно большую его часть уделить на практическое применение формул. Для сокращения времени на вычисления лучше брать небольшие по модулю числовые данные и ограничить число градаций признака. Помимо этого, можно использовать табличные редакторы со встроенными в них функциями, если подготовка студентов по данному вопросу достаточна. В этом случае можно решать задачи, более приближенные к их будущей практической деятельности [6, с. 180]. Практические задачи с профессионально ориентированным содержанием, решаемые в курсе математики, способствуют повышению интереса студентов к математике и выбранному направлению подготовки, а также учат применять полученные математические знания в профессиональной деятельности.

Список литературы

1. *Афонин П. Н.* Таможенная статистика : учебное пособие. СПб. : Интермедия, 2012. 153 с.
2. *Воронцова Н. Д.* Статистика : учебное пособие : в 2 ч. Ч. 1. Киров : ВятГУ, 2015. 63 с.
3. *Ефимова М. Р.* Практикум по общей теории статистики : учеб. пособие / М. Р. Ефимова, О. И. Ганченко, Е. В. Петрова. М. : Финансы и статистика, 2003. 336 с.
4. *Кремер Н. Ш.* Теория вероятностей и математическая статистика : учебник для вузов. М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2002. 543 с.
5. Практикум по социальной статистике : учеб. пособие / под ред. И. И. Елисеевой. М. : Финансы и статистика, 2002. 368 с.
6. *Чиркова Л. Н.* Значение элементов теории вероятностей и математической статистики при обучении специалистов таможенного дела // Математика и проблемы образования : мат-лы 41-го Международного научного семинара преподавателей математики и информатики университетов и педагогических вузов. Киров, 2022. С. 179–180.

On power-law averages in the course of mathematics

Trefilova Elena Sergeevna[1], Chirkova Larisa Nikolaevna[2]

[1]senior lecturer at the Department of Fundamental Mathematics, Vyatka State University. Russia, Kirov. E-mail: usr11265@vyatsu.ru

[2]PhD in Pedagogical Sciences, associate professor of the Department of Fundamental Mathematics, Vyatka State University. Russia, Kirov. E-mail: usr11713@vyatsu.ru

Abstract. The proposed article discusses some issues of studying one of the topics of mathematical statistics – power averages – for the field of training "Customs", implemented at Vyatka State University. A brief analysis of the average values is given from the point of view of their application in classes with students of the "Customs business" direction. The article presents professionally directed practical tasks on the use of formulas for calculating power-law averages, which increase interest in mathematics and the chosen field of activity and develop the skills to apply the acquired knowledge in practice. The materials of the article may be of interest to teachers and students when studying mathematics and statistics courses.

Keywords: mathematics, mathematical statistics, averages, arithmetic mean, geometric mean, quadratic mean, harmonic mean, mode, median, professional orientation of teaching mathematics.

References

1. *Afonin P. N. Tamozhennaya statistika : uchebnoe posobie* [Customs statistics : textbook]. SPb. IC Intermedia. 2012. 153 p.
2. *Voroncova N. D. Statistika : uchebnoe posobie : v 2 ch. Ch. 1* [Statistics : textbook : in 2 parts. Part 1]. Kirov. VyatSU. 2015. 63 p.
3. *Efimova M. R. Praktikum po obshchej teorii statistiki : ucheb. posobie* [Workshop on the general theory of statistics : study guide] / M. R. Efimova, O. I. Ganchenko, E. V. Petrova. M. Finansy i Statistika (Finance and Statistics). 2003. 336 p.
4. *Kremer N. Sh. Teoriya veroyatnostej i matematicheskaya statistika : uchebnik dlya vuzov* [Probability theory and mathematical statistics : textbook for universities]. M. UNITY-DANA. 2002. 543 p.
5. *Praktikum po social'noj statistike : ucheb. posobie* – Workshop on social statistics : study guide / ed. by I. I. Eliseeva. M. Finansy i Statistika (Finance and Statistics). 2002. 368 p.
6. *Chirkova L. N. Znachenie elementov teorii veroyatnostej i matematicheskoj statistiki pri obuchenii specialistov tamozhennogo dela* [The importance of elements of probability theory and mathematical statistics in the training of customs specialists] // *Matematika i problemy obrazovaniya : mat-ly 41-go Mezhdunarodnogo nauchnogo seminara prepodavatelej matematiki i informatiki universitetov i pedagogicheskih vuzov* – Mathematics and problems of education : materials of the 41st International Scientific Seminar of teachers of mathematics and computer science of universities and pedagogical universities. Kirov. 2022. Pp. 179–180.

ПЕРСОНАЛИИ

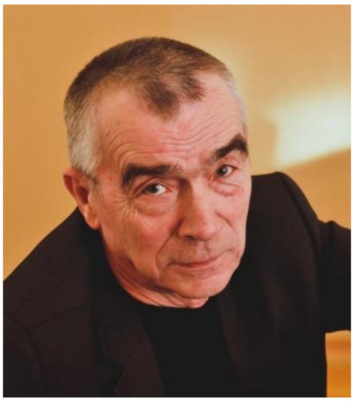
УДК 51(092) DOI 10.25730/VSU.0536.23.009

Светлой памяти Станислава Михайловича Окулова (1949–2023)

Бояринцева Наталья Александровна[1], Разова Елена Владимировна[2]
[1]кандидат педагогических наук, доцент, декан факультета компьютерных и физико-математических наук, Вятский государственный университет.
Россия, г. Киров. ORCID: 0000-0002-9709-1804. E-mail: na_bushmeleva@vyatsu.ru
[2]кандидат педагогических наук, доцент, заведующий кафедрой прикладной математики и информатики, Вятский государственный университет.
Россия, г. Киров. ORCID: 0000-0001-5557-5432. E-mail: ev_razova@vyatsu.ru

Аннотация. Рассматривается деятельность С. М. Окулова, основоположника Вятской научно-методической школы по информатике, педагога, замечательного человека. Излагается его жизненный путь. Отмечены его достижения и заслуги в науке и в образовании.

Ключевые слова: Окулов Станислав Михайлович, информатика, образование, деятельность.



Окулов Станислав Михайлович, кандидат технических наук, доктор педагогических наук, профессор, известен в России как основоположник Вятской научно-методической школы по информатике.

Окулов Станислав Михайлович окончил факультет вычислительной математики и кибернетики Нижегородского государственного университета в 1973 г. по специальности «Прикладная математика». После окончания университета долгое время (до 1988 г.) работал в промышленности. С 1980 г. по 1988 г. работал заместителем генерального конструктора, начальником сектора в КБ «Север» в г. Кирове.

В 1987 г. Окулов С. М. без отрыва от производства успешно защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук. Тема его исследования «Ассоциативные системы обработки информации от корабельной станции радиотехнической обстановки» (20.02.14). Научная работа Станислава Михайловича была очень важной и своевременной, поскольку выполнялась по заказу ВМФ. В 1991 г. Окулов С. М. получил звание доцента.

С 1988 г. по 2020 г. Окулов С. М. работал в Вятском государственном университете (бывшем КГПИ, ВГПУ, ВятГГУ), сначала доцентом кафедры информатики и вычислительной техники, а с 1990 по 1999 г. заведовал указанной кафедрой.

В 1999 году в Вятском государственном гуманитарном университете по инициативе Станислава Михайловича был создан факультет информатики. Станислав Михайлович стал его деканом. За время его руководства контингент студентов, обучающихся на факультете, увеличился более чем в 10 раз, благодаря его усилиям были открыты и успешно развивались 6 новых специальностей и направлений подготовки, эффективно работала аспирантура.

Значительные усилия Окулова С. М. на посту декана факультета были направлены на развитие инфраструктуры университета. Под его руководством на факультете информатики, математики и физики ВятГГУ была сформирована информационно-образовательная среда, базу которой составляли более десяти компьютерных классов, объединенных в локальную сеть. С рабочих мест преподавателей и студентов через сервер по выделенному каналу был обеспечен прямой выход в глобальную сеть Интернет, факультет имел свой сайт.

Имя Станислава Михайловича Окулова давно и прочно связано со школьной информатикой. Большинство учителей информатики г. Кирова и Кировской области в том или ином качестве являются его учениками. С первых шагов становления школьной информатики Станислав Михайлович был вовлечен в сферу ее проблем: сначала как руководитель подразделения базового предприятия, затем как преподаватель педагогического университета. При этом он всегда совмещал свою основную работу с работой школьного учителя информатики, занимаясь с одаренными детьми, уделяя большое внимание олимпиадной информатике.

Авторская концепция развития интеллекта школьника на основе задач олимпиадной информатики – это фундаментальное методическое достижение Окулова С. М. – доктора педагогических наук. Благодаря методическим разработкам Окулова С. М. российские школьники и учителя получили серию учебных пособий по Всероссийским олимпиадам, среди которых:

– Кирюхин В. М., Лапунов А. В., Окулов С. М. Задачи по информатике. Международные олимпиады 1989–1996 гг. М. : ABF, 1996. 272 с.;

– Окулов С. М., Пестов А. А. 100 задач по информатике. Киров : Изд-во ВГПУ, 2000. 272 с.;

– Окулов С. М. Программирование в алгоритмах. М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2002. 341 с.;

– Задачи по программированию / С. М. Окулов, Т. В. Ашихмина, Н. А. Бушмелева и др.; под ред. С. М. Окулова. М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. 820 с.;

– Кирюхин В. М., Окулов С. М. Методика решения задач по информатике. Международные олимпиады. М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. 600 с.;

– Окулов С. М. Дискретная математика. Теория и практика решения задач по информатике : учебное пособие. М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. 422 с.;

– Окулов С. М., Лялин А. В. Ханойские башни. М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. 245 с.;

– Окулов С. М. Алгоритмы обработки строк : учебное пособие. М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. 255 с.;

– Окулов С. М., Пестов О. А. Динамическое программирование. М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. 296 с.

Указанные учебники и учебные пособия составили ядро библиотеки олимпиадной информатики для школ и оказали определенное влияние на развитие олимпиадного движения по информатике в России.

Станиславом Михайловичем Окуловым разработана методика обучения информатике школьников, сочетающая в себе не только изучение предмета, но и развитие творческих способностей учащихся. Она внедрена в практику обучения в кировском физико-математическом лицее. Нашла она свое отражение и в системе подготовки будущих учителей информатики. Как педагог Окулов С. М. воспитал ряд школьников, которые успешно выступали на Российских и Международных олимпиадах по информатике. Среди них:

– А. Лапунов – диплом 1-й степени на Российской олимпиаде 1993 г., бронзовая медаль на Международной олимпиаде 1993 г., абсолютное первое место на Российской олимпиаде 1994 г., золотая медаль на Международной олимпиаде 1994 г.;

– В. Беров – диплом 1-й степени на Российской олимпиаде 1994 г., серебряная медаль на Международной олимпиаде 1994 г., диплом 1-й степени на Российской олимпиаде 1995 г., бронзовая медаль на Международной олимпиаде 1995 г.;

– В. Матюхин – диплом 1-й степени на Российской олимпиаде 1995 г., диплом 1-й степени на Российской олимпиаде 1996 г., золотая медаль на Международной олимпиаде 1996 г.;

– Д. Васюра – диплом 1-й степени на Российской олимпиаде 1996 г.;

– М. Кривошеин – диплом 1-й степени на Российской олимпиаде 1997 г.;

– А. Пестов – дипломы 2-й степени на Российских олимпиадах 1997, 1999 гг., дипломы 1-й степени на Российских олимпиадах 1998, 2000 гг.;

– Д. Шулятников, К. Хлебников – дипломы 2-й степени на Российской олимпиаде 2000 г.

В 2000 г. на первой командной Российской олимпиаде школьников по программированию в г. Санкт-Петербурге ученики Окулова С. М. заняли второе абсолютное место и получили диплом 1-й степени. Уже бывшие его ученики (А. Лапунов, Д. Васюра, В. Матюхин и др.), будучи студентами ведущих вузов страны (в основном МГУ), неоднократно выступали в финале чемпионата мира среди студентов по программированию.

Результатом этой работы со школьниками являются 33 диплома на российских и 5 медалей на международных олимпиадах по информатике.

Окулов С. М. вел активную преподавательскую деятельность. Он является автором курсов лекций и практических занятий по значительному числу дисциплин, читаемых на факультете. Следует особо отметить курсы «Классические алгоритмы и структуры данных», «Алгоритмы: построение и анализ», «Дискретная математика», «Алгоритмы обработки строк», не уступающие по содержанию и методике преподавания, лучшим курсам по данной проблематике, читаемым в классических университетах России и мира.

В то же время Окулов С. М. на протяжении всей жизни сохранял интерес к информатике как научной дисциплине. Сфера научных интересов Окулова С. М. – развитие интеллекта школьника как принцип организации синергетической среды обучения информатике. Им решены две фундаментальные задачи: всесторонне проанализированы сущность и способы целенаправленной деятельности по развитию интеллекта школьника при изучении информатики и разработана адекватная этой деятельности методическая система обучения информатике (синергетическая среда) с учетом закономерностей развития интеллекта школьника.

Станислав Михайлович вел преподавание на высоком научном и методическом уровне, что способствовало качественной подготовке высококвалифицированных специалистов, востребованных на рынке труда г. Кирова, Кировской области, а также других регионов Российской Федерации. Его занятия всегда были насыщенны, интересны, содержательны. Станислав Михайлович мог на занятии заинтересовать предметом каждого, вовлечь в активный мыслительный процесс. Он учил мыслить, рассуждать, учил активному преодолению трудностей, поиску эффективного нестандартного решения задачи, учил критически относиться к результатам своей деятельности. Сказанное отражается в положительных отзывах, как самих выпускников, так и работодателей, и подтверждается высоким процентом выпускников, продолживших обучение в аспирантуре.

В составе кафедр факультета работали в разные годы и продолжают работать немало преподавателей, которые свои первые научные исследования провели под руководством Окулова С. М. Назовем лишь некоторых из них: доценты М. В. Петухова, Е. А. Васенина, Т. Н. Суворова, Н. И. Исупова, Е. В. Соболева, Д. А. Шабалина, М. С. Перевозчикова, Н. А. Бояринцева, Е. В. Разова, А. В. Котельникова, С. Ю. Иванов, А. Н. Соколова, старшие преподаватели Т. В. Ашихмина, А. В. Лялин, ассистент О. А. Пестов и др.

Идеи Окулова С. М. нашли свои развитие и реализацию в работах его учеников и последователей: Н. А. Бояринцевой, Е. В. Разовой, И. А. Бабушкиной, Д. А. Чеканова, С. Ю. Иванова, А. В. Котельниковой, Т. Н. Суворовой, Н. И. Исуповой, Д. А. Шабалиной, А. В. Лялина и др. Окулов С. М. подготовил многих аспирантов, успешно и в срок защитивших свои диссертации.

Можно говорить о том, что в г. Кирове сложилась научная школа в сфере теории и методики обучения информатике, для которой Станислав Михайлович является признанным главой. Его обширные научные связи и высокий авторитет в научном сообществе сделали факультет информатики, математики и физики Вятского государственного гуманитарного университета известным по всей России.

По инициативе и при активном участии Окулова С. М. издавался научно-методический журнал «Информатика. Математика. Язык» как приложение к «Вестнику ВятГГУ» (Киров), который рассылался по всем педагогическим высшим учебным заведениям России. В журнале публиковались также результаты лучших научных исследований студентов.

Окулов Станислав Михайлович – автор более 100 публикаций общим объемом более 180 п. л., из них: 69 научных работ, 10 авторских свидетельств на изобретения (внедренные в промышленности), 35 учебно-методических статей и учебных пособий, опубликованных в центральной прессе и в различных издательствах. Особое место среди них занимают монографии «Когнитивная информатика» (Киров, 2003), «Информатика: развитие интеллекта школьника» (М., 2005). Большим успехом у преподавателей вузов и учителей информатики пользуются учебники и учебные пособия Окулова С. М., которые неоднократно переизданы: «Информатика в задачах» (Киров, 1998), «100 задач по информатике» (Киров, 2000), «Основы программирования» (М., 2002), «Программирование в алгоритмах» (М., 2002), «Информатика» (М., 2005) «Дискретная математика. Теория и практика решения задач по информатике» (М., 2008), «Абстрактные типы данных» (М., 2009), «Алгоритмы обработки строк» (М., 2009), «Практикум по объектно-ориентированному программированию» (М., 2009), «Задачи по программированию» (М., 2014), «Алгоритмы компьютерной арифметики» (М., 2014) и др.

Эти и другие книги Станислава Михайловича, несомненно, внесли заметный вклад в развитие современной методики преподавания информатики. Со всей определенностью можно сказать, что имя Окулова Станислава Михайловича имеет прямое отношение к формированию целого поколения учителей информатики Кировской области.

Научные интересы Окулова С. М. не ограничивались методико-педагогической сферой. Его занимали философские проблемы образования, что выразилось в исследовании методологии образовательной информатики. В 2005 г. Окулов С. М. успешно защитил диссертацию на соискание степени доктора педагогических наук на тему «Развитие интеллекта школьника как принцип организации синергетической среды обучения информатике». В 2007 г. ему присвоено ученое звание профессора по кафедре информатики и методики обучения информатике.

Окулов С. М. занимался активной редакторской деятельностью, был членом редколлегии ряда начных журналов. В 2006 г. он выполнил научное редактирование перевода книги Р. Миллера и Р. Боксера «Последовательные и параллельные алгоритмы: общий подход» (М., 2006).

Окулов С. М. являлся членом трех диссертационных советов: Д212.041.01 специальности 13.00.08, 13.00.01; Д212.041.02 специальности 09.00.01, 24.00.00; ДМ212.041.03 специальность 13.00.02. В последнем совете он выполнял обязанности заместителя председателя.

Станислав Михайлович являлся автором многих заявок на участие в различных конкурсах научных проектов (ФЦП, РГНФ, РФФИ и др.). В последнее время он вел активную исследовательскую работу в рамках трех научных проектов, в том числе по теме «Программная система интеллектуального анализа текстов для социально-гуманитарных исследований» (код ГРНТИ – 16.31.21, 20.23.21). Успешно завершена работа по программам «Разработка математических методов и алгоритмов тематической классификации текстовых документов» (код ГРНТИ – 16.31.21, 50.41.25), «Статистический анализ анкет» (код ГРНТИ – 20.53.19, 50.41.25), «Тематическая классификация текстов» (код ГРНТИ – 16.31.21, 50.41.25).

Окулов С. М. являлся основоположником и руководителем научной школы ВятГГУ «Интеллектуальные системы», которая занимается разработкой и исследованием интеллектуальных систем в технической и гуманитарной сферах. С марта 2012 года был руководителем созданной на базе ВятГГУ научно-исследовательской лаборатории интеллектуальных систем.

Окулов С. М. осуществлял постоянную связь с органами управления образованием области и школами. Он являлся председателем жюри областных олимпиад по информатике с момента начала их проведения, с 1994 г. работал в жюри Российской олимпиады школьников по информатике, с 1997 г. был членом жюри командного чемпионата мира по программированию среди студентов в Северо-Восточном Европейском регионе. С. М. Окулов на протяжении многих лет работал учителем информатики в физико-математическом лицее г. Кирова, являлся одним из авторов программы информатизации образования области на 1995–2000 гг., внес ряд конструктивных предложений в программу информатизации на 2001–2005 гг.

Станислав Михайлович Окулов имел большой стаж научно-педагогической деятельности. Много внимания профессор Окулов С. М. уделял совершенствованию учебного процесса в школе и в вузе, проводил большую методическую работу и достиг значительных успехов в организации и совершенствовании образовательного процесса и в формировании будущего конкурентоспособного специалиста, обладающего высокой культурой, интеллигентностью и социальной активностью. Он был высококвалифицированным специалистом, энтузиастом своего дела. Внес большой вклад в подготовку бакалавров, магистров и специалистов системы высшего образования в области IT-направлений подготовки.

За большой вклад в развитие образования и подготовку высококвалифицированных кадров Окулов С. М. награжден значком «Отличник народного просвещения» (1994 г.), Почетной грамотой Министерства общего и профессионального образования РФ (1999 г.), Почетной грамотой Министерства образования РФ (2000 г.), удостоен почетных званий «Почетный работник высшего профессионального образования РФ» (2001 г.) и «Почетный профессор Вятского государственного университета» (2019 г.).

Станислава Михайловича отличали требовательность, добросовестность и ответственность, творческий подход к обучению и воспитанию будущих специалистов. В общении с коллегами и студентами он всегда был тактичен, выдержан и отзывчив. Все это определяло авторитет и заслуженное уважение в коллективе.

Человеколюбие Окулова С. М., его талант педагога и психолога способствовали созданию на факультете атмосферы творчества и научного поиска. Его отношение к работе было вдохновляющим примером для учеников и последователей.

Очень ярко отношение учеников и коллег к Станиславу Михайловичу отражают слова его студентки, аспирантки, коллеги Шабалиной Дарьи Александровны:

«Мой декан, Станислав Михайлович Окулов, предопределил мой путь не только в карьере, но и в жизни. По его приглашению я поступила в аспирантуру и реализовала себя в преподавательской деятельности. В нужный момент он умел направить, подбросить идею, поддержать советом.

Работа Станислава Михайловича на посту декана была непростой, его принципиальность и прямота нравилась не всем. Но именно благодаря ему я поняла, что есть вещи, которые нельзя предавать. Иначе потеряешь главное – уважение к себе!

Я называю Станислава Михайловича своим научным папой, и по жизни он для меня гораздо больше, чем просто декан. Недаром, когда, защитив диссертацию, я наконец нашла время для личной жизни, Станислав Михайлович стал почетным гостем на нашей свадьбе!».

Невозможно переоценить тот огромный вклад, который Станислав Михайлович внес в становление олимпиадной информатики, в формирование методической системы обучения информатике в общеобразовательной школе и в вузе, в подготовку научных и педагогических кадров.

Станислав Михайлович Окулов остается в памяти коллег и учеников как удивительно умный и вдумчивый человек, эрудированный учитель, тактичный руководитель и многогранный профессионал, который помог очень многим в жизни. Светлая память об этом прекрасном человеке всегда будет жить в сердцах и делах его учеников и коллег.

To the bright memory of Stanislav Mikhailovich Okulov (1949–2023)

Boyarintseva Natalia Alexandrovna[1], Razova Elena Vladimirovna[2]

[1]PhD in Pedagogical Sciences, associate professor, Dean of the Faculty of Computer and Physical and Mathematical Sciences, Vyatka State University. Russia, Kirov. ORCID: 0000-0002-9709-1804. E-mail: na_bushmeleva@vyatsu.ru

[2]PhD in Pedagogical Sciences, associate professor, Head of the Department of Applied Mathematics and Computer Science, Vyatka State University. Russia, Kirov. ORCID: 0000-0001-5557-5432. E-mail: ev_razova@vyatsu.ru

Abstract. The article examines the activities of S. M. Okulov, the founder of the Vyatka Scientific and Methodological School of Computer Science, a teacher, a wonderful person. His life path is outlined. His achievements and achievements in science and education were noted.

Keywords: Stanislav Mikhailovich Okulov, computer science, education, activity.

УДК 51(092) DOI 10.25730/VSU.0536.23.010

Светлой памяти математика и педагога Вадима Вениаминовича Сидорова (1983–2023)

Вечтомов Евгений Михайлович[1], Чермных Василий Владимирович[2]
[1]доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой фундаментальной математики, Вятский государственный университет. Россия, г. Киров. ORCID: 0000-0002-3490-2956. E-mail: vecht@mail.ru
[2]доктор физико-математических наук, доцент, главный научный сотрудник, Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина. Россия, г. Сыктывкар. ORCID: 0000-0002-8650-4554. E-mail: vv146@mail.ru

Аннотация. Рассматривается деятельность В. В. Сидорова, математика, педагога, замечательного человека. Излагается его жизненный путь. Отмечены его достижения и заслуги в математике и математическом образовании.

Ключевые слова: Сидоров Вадим Вениаминович, математика, математическое образование, деятельность.

Вадим Вениаминович Сидоров родился 28 ноября 1983 года в селе Учка Лузского района Кировской области. Рос и воспитывался вместе с младшим братом Антоном в трудовой сельской семье. Мама Валентина Валентиновна по профессии зоотехник (окончила ветеринарный факультет Кировского сельхозинститута в 1983 году), в 1990-е годы работала учителем русского языка и литературы в восьмилетней школе села Учка, учила сыновей. Папа Вениамин Аркадьевич всю жизнь работал на разных должностях в Учке. Семья была дружной и трудолюбивой – такими же выросли и сыновья. В старших классах Вадим учился в Папуловской средней школе-интернате, расположенной в 25 километрах от Учки. Вадим получил добротное общее среднее образование, окончил школу с серебряной медалью.

В 2000 году Вадим Сидоров поступил на математический факультет Вятского государственного педагогического университета, а в 2005 году окончил его с красным дипломом (университет в 2002 году стал называться Вятским государственным гуманитарным университетом – ВятГГУ). Получил специальность «Математика и информатика» и квалификацию «Учитель математики и информатики средней школы».

В 2005–2009 годы В. В. Сидоров работал преподавателем кафедры высшей математики Вятского государственного университета – ВятГУ, преподавал математику студентам инженерных специальностей.

В 2008 году Вадим поступил в очную аспирантуру ВятГГУ по специальности 01.01.06 «Математическая логика, алгебра и теория чисел», его научным руководителем был назначен Е. М. Вечтомов. И уже 20 октября в 2011 году в Казанском (Приволжском) федеральном университете блестяще защитил диссертацию «Изоморфизмы решеток подалгебр полуколец непрерывных неотрицательных функций» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.01.06 [13; 14]. Отметим, что в 2010–2011 учебном году аспирант В. В. Сидоров был стипендиатом Президента Российской Федерации.

С 2009 года работал старшим преподавателем, доцентом кафедры алгебры и дискретной математики ВятГГУ, в 2016–2023 годы – доцентом кафедры фундаментальной математики ВятГУ. Ученого звания доцента по научной специальности ВАК 01.01.06 В. В. Сидоров удостоен в 2015 году.

Вадим с отличием окончил магистратуру по направлению подготовки «Математика и компьютерные науки», профиль «Алгебра и дискретная математика» (научный руководитель – профессор Е. М. Вечтомов).

Вадим сразу влился в коллектив кировской научной алгебраической школы «Функциональная алгебра и теория полуколец», основанной в 1994 году под руководством Е. М. Вечтомова.

Математические исследования Вадима Сидорова относятся к функциональной алгебре, точнее, к теории полуколец непрерывных функций. Теория полуколец непрерывных (числовых) функций выросла из классической теории колец непрерывных действительнозначных функций.

Дадим краткое описание основных научных результатов, полученных В. В. Сидоровым.

Пусть $C(X)$ – кольцо всех непрерывных действительнозначных функций, заданных на произвольном топологическом пространстве X, с поточечно определенными операциями сложения и умножения функций. В 1990-е годы мы стали изучать два новых алгебраических объекта, связанных с кольцом $C(X)$: полукольцо $C^+(X)$ всевозможных непрерывных неотрицательных функций и полуполе $U(X)$ всех непрерывных положительных функций; для них кольцо $C(X)$ будет кольцом разностей. Кроме того, если в алгебраических структурах $C^+(X)$ и $U(X)$ операцию сложения + заменить операцией $\vee$ взятия максимума двух функций, то получим аддитивно идемпотентные полукольцо $C^\vee(X)$ и полуполе $U^\vee(X)$.

Далее, обозначим через $S(X)$ одно из четырех полуколец $C^+(X)$, $C^\vee(X)$, $U(X)$, $U^\vee(X)$. Тогда положим $\mathrm{A}(S(X))$, $\mathrm{A}_1(S(X))$, – это решетка всех подалгебр, соответственно всех подалгебр с 1, полукольца $S(X)$.

Цель и задача исследований В. В. Сидорова – описание всех изоморфизмов решеток вида $\mathrm{A}(S(X))$, вида $\mathrm{A}_1(S(X))$ для указанных полуколец $S(X)$ при всевозможных топологических пространствах X. Эту задачу Вадим Вениаминович успешно решил, опубликовав свои результаты в серии замечательных статей [4; 9–11; 17; 19; 23; 31; 35; 38–40; 48–50; 53–55]. Кроме того, изложению его результатов посвящены разделы монографий: часть III [15], большие параграфы 14 [36] и 21 [37]. Фактически эти работы в совокупности составляют докторскую диссертацию, которую Вадим не успел оформить и защитить.

Заметим, что доктор физико-математических наук, профессор, член-корреспондент РАН А. А. Махнев (Екатеринбург, Институт математики и механики имени Н. Н. Красовского УрО РАН) и доктор физико-математических наук, профессор, академик АН Татарстана М. М. Арсланов (Казанский федеральный университет) высоко оценили научные результаты В. В. Сидорова. Они приглашали его к защите докторской диссертации в диссертационных советах, председателями которых они являются.

Рассмотрим математические достижения В. В. Сидорова более подробно.

Пусть X, Y – топологические пространства. Для описания изоморфизмов решеток $\mathrm{A}(S(X))$ и $\mathrm{A}(S(Y))$, $\mathrm{A}_1(S(X))$ и $\mathrm{A}_1(S(Y))$ сначала необходимо решить проблему определяемости полукольца $S(X)$ каждой из решеток $\mathrm{A}(S(X))$ и $\mathrm{A}_1(S(X))$, а для этого достаточно доказать определяемость любого хьюиттовского пространства X решетками $\mathrm{A}(S(X))$ и $\mathrm{A}_1(S(X))$. Кроме того, нужно знать строение изоморфизмов самих полуколец $S(X)$ и $S(Y)$.

Поясним ситуацию. Топологическое пространство называется тихоновским (хьюиттовским), если оно гомеоморфно подпространству (замкнутому подпространству) некоторой тихоновской степени числовой прямой. Для любого топологического пространства X существует его тихоновизация τX, а для тихоновского пространства τX существует хьюиттовское расширение $\nu\tau X$, являющееся хьюиттовским пространством. При этом полукольца $S(X)$, $S(\tau X)$ и $S(\nu\tau X)$ канонически изоморфны. Поэтому при изучении полуколец $S(X)$ и их подалгебр можно ограничиться рассмотрением хьюиттовских пространств X.

В 1948 году Э. Хьюитт показал, что каждый изоморфизм колец $C(X)$ и $C(Y)$ в случае хьюиттовских пространств X и Y порождается однозначно определенным гомеоморфизмом этих пространств, то есть является индуцированным. Отсюда следует, что это верно для полуколец $C^+(X)$ и $C^+(Y)$, а также для полуполей $U(X)$ и $U(Y)$. Но далеко не все изоморфизмы полуколец $C^\vee(X)$ и $C^\vee(Y)$, полуполей $U^\vee(X)$ и $U^\vee(Y)$ являются индуцированными.

В статье 1997 года [Вечтомов Е. М. Решетка подалгебр кольца непрерывных функций и хьюиттовские пространства // Математические заметки. 1997. Т. 62. № 5. С. 687–693] доказано, что всякое хьюиттовское пространство X определяется решеткой $\mathrm{A}(C(X))$ подалгебр кольца $C(X)$, следовательно, и само кольцо $C(X)$ определяется решеткой $\mathrm{A}(C(X))$.

Чуть позднее Е. М. Вечтомов поставил вопрос об определяемости хьюиттовских пространств X решеткой подалгебр полукольца $C^+(X)$. Найти ответ на данный вопрос он предложил своему аспиранту Вадиму Сидорову в конце 2008 года. В результате совместных исследований в 2009 году было получено положительное решение этой непростой задачи [2], опубликованное в работе [3]. Изучение начиналось со случая компактов X, а затем переносилось на общий случай хьюиттовских пространств X. Далее были описаны все изоморфизмы решеток $\mathrm{A}(C^+(X))$ и $\mathrm{A}(C^+(Y))$ [4; 11], см. также [53]. Сначала была доказана индуцированность изоморфизмов решеток $\mathrm{A}_1(C^+(X))$ и $\mathrm{A}_1(C^+(Y))$ подалгебр с 1. С использованием этого результата получено аналогичное описание изоморфизмов решеток $\mathrm{A}(C^+(X))$ и $\mathrm{A}(C^+(Y))$ всех подалгебр, за исключением случая, когда тихоновизации τX топологического пространства X двухточечная. Выяснен и случай $|\tau X|=2$.

В дальнейших исследованиях В. В. Сидоров проявил завидную самостоятельность, постоянно инициировал новые идеи, подходы, конструкции, методы изучения подалгебр перечисленных полуколец $S(X)$. Были выделены различные специальные подалгебры, имеющие решеточную характеризацию. Разработана оригинальная техника изучения подалгебр. Вадим применил эффективный метод однопорожденных подалгебр, глубоко проник в арифметическую структуру подалгебр полуколец n-ок неотрицательных (положительных) действительных чисел. Все это позволило ему полностью описать изоморфизмы решеток $A(S(X))$ и $A(S(Y))$, $A_1(S(X))$ и $A_1(S(Y))$ для полуколец вида $S(X)$.

Строение изоморфизмов решеток $A(C^{\vee}(X))$ и $A(C^{\vee}(Y))$ и изоморфизмов решеток $A_1(C^{\vee}(X))$ и $A_1(C^{\vee}(Y))$ получено в статьях [24; 39].

Изоморфизмы решеток $A(U(X))$ и $A(U(Y))$, а также изоморфизмы решеток $A_1(U(X))$ и $A_1(U(Y))$ описаны в работе [47].

Изоморфизмы решеток $A(U^{\vee}(X))$ и $A(U^{\vee}(Y))$ и также изоморфизмы решеток $A_1(U^{\vee}(X))$ и $A_1(U^{\vee}(Y))$ изучены в статье [48].

Кроме того, В. В. Сидоров исследовал автоморфизмы решеток полуколец многочленов от одной переменной над полуполями неотрицательных действительных чисел, как с обычным сложением, так и с max-сложением [9; 10; 19; 45; 54; 56]. Поставил задачи для последующих исследований. В частности, планировалось получить полное описание изоморфизмов решеток подалгебр (как произвольных, так и с 1) колец непрерывных действительнозначных функций, начатое еще Е. М. Вечтомовым.

К 2016 году Вадим Вениаминович Сидоров сформировался как сильный профессиональный математик, ставший одним из лидеров признанной кировской научной алгебраической школы «Функциональная алгебра и теория полуколец».

Являлся членом Оргкомитета трех Международных математических форумов, проведенных в Кирове (2014, 2022, 2023).

Был членом редколлегии научного журнала «Математический вестник Вятского государственного университета».

В. В. Сидоров был ведущим исполнителем исследований по следующим финансируемым научным проектам (грантам):

- тематический план ВятГГУ «Полукольца и пучки» (2009–2012), проект № 1.1.5, соавтор 4-х научных отчетов по этому проекту;
- грант ведущей научной школы ВятГГУ «Функциональная алгебра и теория полуколец» на тему «Полукольца и их применения» (2013, 2014), проекты 1.1.1–13, 1.1.1–14, соавтор 2-х научных отчетов по этому гранту;
- проектная часть государственного задания Министерства образования и науки РФ «Функциональная алгебра и полукольца» (2014–2016), проект № 1.1375.2014/К, соавтор 3-х научных отчетов по данному проекту;
- грант РГНФ и Правительства Кировской области «Проблемы и перспективы развития непрерывного математического образования в Кировской области» (2015), проект № 15-16-43000 а(р), соавтор научного отчета по гранту;
- базовая часть государственного задания Министерства образования и науки РФ «Полукольца и их связи» (2017–2019), проект № 1.5879.2017/БЧ, соавтор 3-х научных отчетов по этому проекту.

Вадим Вениаминович часто выступал с научными докладами [2; 5–8; 20; 21; 25–28; 32; 34; 41; 43; 45; 46; 52; 56], сделал пленарные доклады в Кирове, Екатеринбурге, Москве, Сыктывкаре, трижды был приглашенным докладчиком на Международной молодежной школе-конференции в Екатеринбурге. Свои новые математические результаты Вадим регулярно апробировал на региональном научном алгебраическом семинаре (г. Киров), руководимом Е. М. Вечтомовым и В. В. Чермных.

В. В. Сидоров – один из лучших преподавателей ВятГУ по математике. Читал курсы по алгебре и теории чисел для бакалавров направления подготовки «Математика и компьютерные науки», вел дисциплину «Современная алгебра» для магистрантов указанного направления, а также курсы «Олимпиадные задачи» и «Нестандартные задачи» для магистрантов педагогического направления подготовки, профиль «Математика». Руководил курсовыми и дипломными работами. Он был вдумчивым, ответственным и принципиальным преподавателем и наставником студенческой молодежи. Под его руководством А. В. Дозморов защитил магистерскую диссертацию по функциональной алгебре, был рекомендован в аспирантуру к В. В. Сидорову.

Вадим Вениаминович – автор учебных пособий по традиционной алгебре [18; 22], соавтор базового учебного пособия по современной алгебре [30]. Соавтор трех монографий по функциональной алгебре [15; 36; 37]. Неоднократно организовывал городские студенческие олимпиады по математике, на основе чего написал полезное пособие [33]. Опубликовал несколько задач в журнале «Математика в школе». В математико-методической статье [29] представлен подход В. В. Сидорова к преподнесению и изложению абстрактного материала для продвинутых старшеклассников и студентов-математиков на примере одной из тем теории упорядоченных множеств: следует начинать с элементарных задач, выявляя заключенную в них порядковую структуру.

Впечатляющих успехов Вадим Сидоров достиг в работе со школьниками.

В 2001–2007 годах он педагог, а с 2008 года – методист Кировского центра дополнительного образования одаренных школьников (ЦДООШ). С 2001 года был преподавателем математического отделения Кировской летней многопредметной школы. Вадим Вениаминович успешно работал со способными школьниками. Подготовил целый ряд победителей и призеров зональной и Всероссийской математической олимпиады, Международной математической олимпиады, а также победителя Европейской олимпиады по математике среди девушек.

В. В. Сидоров неоднократно принимал участие в работе образовательного центра «Сириус» в Сочи. Так, в 2015 году он был официально приглашен в статусе руководителя делегации школьников Кировской области и преподавателя математики для работы в 1-й летней смене «Сириуса». А осенью 2015 года был руководителем сборных команд «Киров 9» и «Киров 10-11» и членом жюри XIX математического турнира старшеклассников «Кубок памяти А. Н. Колмогорова», также проведенного в Сочи.

В 2019 году входил в состав делегации из шести наставников по математике от России на Всекитайской математической олимпиаде в г. Ухань. На заседании кафедры фундаментальной математики выступил с докладом о своей поездке в Китай, рассказал об организации школьного математического образования в КНР.

Вадим Вениаминович является одним из учредителей кировской общественной организации «Лига интеллектуальных игр Вятки» и одним из организаторов движения Что? Где? Когда? в Кировской области. Он создал летнюю игровую смену (ЛИС). Все десять лет ее существования (с 2013 года, за исключением «пандемийного» 2020 года) был начальником ЛИС, проводившейся в детском оздоровительном лагере «Вишкиль» в Котельничском районе Кировской области.

Увлекался спортом (лыжи, легкая атлетика, волейбол, шахматы), всегда старался быть первым. Ему это удавалось.

22 сентября 2023 года случилась трагедия – Вадим вместе с женой Аней (Анна Сергеевна Досмухамбетова, 20 сентября ей исполнился 31 год) погибли в автокатастрофе. У них остались малолетние дети: сын Иван (родился 7 января 2020 года) и дочка Марья (родилась 4 октября 2022 года). Слава богу, дети живы и здоровы. Их воспитают любящие бабушки и дедушка.

На следующий день директор ЦДООШ Е. Н. Перминова написала: «Не стало Вадима Сидорова. Жизнь этого дорогого многим человека прервала жуткая автомобильная авария…Он умел летать, безгранично любил этот мир… Иногда кажется, что он знал всё и обо всём... Он умел быть счастливым и делиться своим счастьем со всеми, кто его окружал. Хотел, чтобы мы полетели вместе с ним, могли увидеть то, что видит он, так чувствовать, так понимать…

За свою короткую, но чрезвычайно яркую жизнь он успел сделать столько, что хватило бы на несколько других жизней. Учил детей и студентов математике, писал докторскую диссертацию, был одним из организаторов движения ЧГК (Что? Где? Когда?) в Кировской области, создал легендарный лагерь ЛИС. Среди его учеников призеры и победители Всероссийской олимпиады школьников и других математических олимпиад, многим он помог выбрать жизненный путь.

У него была прекрасная семья, двое любимых детей. Горько сознавать, что Вадима нет с нами. Но остались его многочисленные проекты, дела, ученики, друзья и родные люди. В них Вадим жив… Вместе с Вадимом ушла его жена Анна… Светлая вам память…».

Теплые и трогательные воспоминания о своем лучшем ученике Вадиме Сидорове оставила его классный руководитель, учитель математики Папуловской средней школы Эльвира Александровна Шаверина (газета Лузского района «Северная звезда» от 28 октября 2023 года, № 43).

За свою недолгую жизнь Вадим очень многое успел сделать. Последние годы он особенно много работал, преподавал, репетиторствовал, продолжал заниматься математикой, построил большой дом в пригороде Кирова, вместе с женой Аней воспитывали сына и дочку. У него была масса планов на будущее: как ученого, преподавателя, отца семейства. Его коллеги, соратники, друзья, родные навсегда запомнят его живым, целеустремленным, удивительным, уникальным человеком.

Светлая память!

Публикации В. В. Сидорова по годам

2008

1. Сидоров В. В. Об условиях совпадения идеалов и max-идеалов в полукольце непрерывных функций // Математический вестник педвузов и университетов Волго-Вятского региона. 2008. № 10. С. 89–92.

2009

2. Вечтомов Е. М., Сидоров В. В. О решеточном изоморфизме полуколец непрерывных функций : тезисы докладов Международной конференции «Мальцевские чтения», посвященной 100-летию со

дня рождения Анатолия Ивановича Мальцева. 24–28 августа 2009 г. Новосибирск : Институт математики им. С. Л. Соболева, НГУ, 2009. С. 113.

2010

3. Вечтомов Е. М., Сидоров В. В. Определяемость полуколец непрерывных функций решеткой их подалгебр // Вестник Сыктывкарского университета. Серия 1: Математика. Механика. Информатика. 2010. № 11. С. 112–125.

4. Вечтомов Е. М., Сидоров В. В. Изоморфизмы решеток подалгебр полуколец непрерывных неотрицательных функций // Фундаментальная и прикладная математика. 2010. Т. 16. № 3. С. 63–103.

5. Вечтомов Е. М., Сидоров В. В. О решетке подалгебр колец непрерывных функций : тезисы докладов VII международной конференции «Алгебра и теория чисел». Тула, ТГПУ, 2010. С. 64–65.

6. Вечтомов Е. М., Сидоров В. В. Об изоморфизмах решеток подалгебр полуколец непрерывных функций : тезисы докладов Международной конференции «Алгебра и логика, теория и приложения». Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2010. С. 18–19.

7. Сидоров В. В. Об изоморфизме однопорожденных подалгебр полукольца непрерывных функций : мат-лы XIII Международной конференции им. академика М. Кравчука. Киев : Национальный технический университет Украины, 2010. Т. 2. С. 39.

8. Сидоров В. В. О строении изоморфизмов решеток подалгебр однопорожденных подалгебр полуколец непрерывных неотрицательных функций : мат-лы Девятой молодежной научной школы-конференции «Лобачевские чтения-2010». Казань : Казанское математическое общество, 2010. Т. 40. С. 304–307.

2011

9. Сидоров В. В. Строение решеточных изоморфизмов полуколец, порожденных одной неотрицательной функцией // Вестник Сыктывкарского университета. Серия 1: Математика. Механика. Информатика. 2011. № 13. С. 11–36.

10. Сидоров В. В. Группа автоморфизмов решетки всех подалгебр полукольца многочленов над полуполем неотрицательных действительных чисел // Известия высших учебных заведений. Математика. 2011. № 4. С. 104–107.

11. Vechtomov E. M., Sidorov V. V. Isomorphisms of lattices of subalgebras of semirings of continuous nonnegative functions // Journal of Mathematical Sciences (New York). 2011. Vol. 177. No 6. Pp. 817–846.

12. Сидоров В. В. Решеточные изоморфизмы полуколец непрерывных функций с max-сложением // Алгебра и математическая логика : мат-лы международной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения профессора В. В. Морозова. Казань : КФУ, 2011. С. 162–163.

13. Сидоров В. В. Изоморфизмы решеток подалгебр полуколец непрерывных неотрицательных функций : дисс. … канд. физико-математических наук: 01.01.06 / Казанский (Приволжский) федеральный университет. Киров, 2011. 136 с.

14. Сидоров В. В. Изоморфизмы решеток подалгебр полуколец непрерывных неотрицательных функций : автореферат дисс. … канд. физико-математических наук: 01.01.06 / Казанский (Приволжский) федеральный университет. Казань, 2011. 15 с.

15. Вечтомов Е. М., Сидоров В. В., Чупраков Д. В. Полукольца непрерывных функций : монография. Киров : Изд-во ВятГГУ, 2011. 312 с.

2012

16. Сидоров В. В. Изоморфизмы решеток подалгебр полуколец непрерывных неотрицательных функций с max-сложением // Современные проблемы математики : тезисы Международной (43-й Всероссийской) молодежной школы-конференции. Екатеринбург : Институт математики и механики УрО РАН, 2012. С. 87–89.

17. Сидоров В. В. Автоморфизмы решетки всех подалгебр полукольца многочленов от одной переменной // Фундаментальная и прикладная математика. 2012. Т. 17 (2011/2012). № 3. С. 85–96.

18. Сидоров В. В. Алгебра. Часть I : учебное пособие. Киров : Изд-во ВятГГУ, 2012. 100 с.

19. Sidorov V. V. Automorphisms of the lattice of all subalgebras of the semiring of polynomials in one variable // Journal of Mathematical Sciences (New York). 2012. Vol. 187. No 2. Pp. 169–176.

2013

20. Сидоров В. В. Изоморфизмы решеток подалгебр полуполей непрерывных функций // Современные проблемы математики : тезисы Международной (44-й Всероссийской) молодежной школы-конференции. Екатеринбург : Институт математики и механики УрО РАН, 2013. С. 67.

21. Сидоров В. В. Изоморфизмы решеток подалгебр полуполей непрерывных функций : тезисы Международной конференции «Алгебра и комбинаторика». Екатеринбург : Изд-во «УНЦ–УПИ», 2013. С. 139–140.

22. Сидоров В. В. Алгебра: алгебраические структуры, комплексные числа, многочлены : учебное пособие. Киров : Радуга-ПРЕСС, 2013. 232 с.

2014

23. Сидоров В. В. Определяемость компактов решеткой подалгебр полуполей $U(X)$ // Фундаментальные исследования. 2014. № 6. С. 1191–1194.

24. Сидоров В. В. Изоморфизмы решеток подалгебр полуколец непрерывных неотрицательных функций с max-сложением // Фундаментальная и прикладная математика. 2014. Т. 19. № 6. С. 153–189.

25. Сидоров В. В. Изоморфизмы решеток подалгебр полуполей непрерывных функций // В сборнике: Современные проблемы математики и ее приложений. Труды 45-й Международной молодежной школы-конференции, посвященной 75-летию В. И. Бердышева. 2014. С. 49–50.

26. Сидоров В. В. Изоморфизмы решеток подалгебр полуполей непрерывных положительных функций : мат-лы Междунар. конф. «Алгебра и математическая логика: теория и приложения», посвящ. 70-летию М. М. Арсланова. Казань : КФУ, 2014. С. 134.

27. Сидоров В. В. Определяемость компактов решеткой подалгебр полуполей непрерывных положительных функций // Абелевы группы : мат-лы VI Междунар. симпозиума, посвящ. 100-летию со дня рождения Л. Я. Куликова. М. : МПГУ, 2014. С. 67.

28. Сидоров В. В. Изоморфизмы решеток подалгебр полуполей непрерывных функций с max-сложением // Тезисы докладов Международной конференции «Мальцевские чтения». 10–13 ноября 2014 г. Новосибирск : ИМ СО РАН, ННИГУ, 2014. С. 112.

29. Сидоров В. В., Дозморов А. В. Вокруг теорем Мирского и Дилуорса // В сборнике: Тенденции и перспективы развития математического образования : мат-лы XXXIII Международного научного семинара преподавателей математики и информатики университетов и педагогических вузов, посвященного 100-летию ВятГГУ. Киров : Изд-во ВятГГУ: Радуга-ПРЕСС, 2014. С. 257–263.

30. Вечтомов Е. М., Сидоров В. В. Абстрактная алгебра. Базовый курс : учебное пособие. Киров : Радуга-ПРЕСС, 2014. 260 с.

2015

31. Вечтомов Е. М., Сидоров В. В. Определяемость хьюиттовских пространств решетками подалгебр полуполей непрерывных положительных функций с max-сложением // Труды института математики и механики УрО РАН. 2015. Т. 21. № 3. С. 78–88.

32. Сидоров В. В. Изоморфизмы полуполей непрерывных положительных функций с max-сложением // В сборнике: Алгебра, теория чисел и дискретная геометрия: современные проблемы и приложения : мат-лы XIII Международной конференции, посвященной восьмидесятилетию со дня рождения профессора Сергея Сергеевича Рышкова. Тула : ТГПУ имени Л. Н. Толстого, 2015. С. 184–185.

33. Сидоров В. В. Студенческие математические олимпиады города Кирова : учебное пособие. Киров : Радуга-ПРЕСС, 2015. 96 с.

2016

34. Сидоров В. В. Определяемость полуполей непрерывных положительных функций с max-сложением решетками их подалгебр : мат-лы междунар. конф. по алгебре, анализу и геометрии, посвящ. юбилеям выдающихся профессоров Казанского университета, математиков Петра Алексеевича (1895–1944) и Александра Петровича (1926–1998) Широковых. Казань : Казанский университет : Изд-во Академии наук РТ, 2016. С. 311–312.

35. Сидоров В. В. Определяемость полуполей непрерывных положительных функций решетками их подалгебр // Математический сборник. 2016. Т. 207. № 9. С. 91–110.

36. Вечтомов Е. М., Лубягина Е. Н., Сидоров В. В., Чупраков Д. В. Элементы функциональной алгебры : монография: в 2 т. Т. 1. Киров : Радуга-ПРЕСС, 2016. 384 с.

37. Вечтомов Е. М., Лубягина Е. Н., Сидоров В. В., Чупраков Д. В. Элементы функциональной алгебры : монография : в 2 т. Т. 2. Киров : Радуга-ПРЕСС, 2016. 316 с.

38. Вечтомов Е. М., Михалев А. В., Сидоров В. В. Полукольца непрерывных функций // Фундаментальная и прикладная математика. 2016. Т. 21. № 2. С. 53–131.

2017

39. Sidorov V. V. Isomorphisms of the lattices of subalgebras of semirings of continuous nonnegative functions with max-addition // Journal of Mathematical Sciences (New York). 2017. Vol. 221. No 3. Pp. 409–435.

40. Sidorov V. V. Determinability of Hewitt spaces by the lattices of subalgebras with unit of semifields of continuous positive functions with max-plus // Lobachevskii of Journal Mathematics. 2017. Vol. 38. No 4. Pp. 741–750.

41. Сидоров В. В. Изоморфизмы решеток подалгебр полуполей непрерывных положительных функций : тезисы докладов Международной конференции «Мальцевские чтения». 20–24 ноября 2017 г. Новосибирск : ИМ СО РАН, ННИГУ, 2017. С. 129.

2018

42. Вечтомов Е. М., Сидоров В. В. Полукольца и их связи. I // Математический вестник педвузов и университетов Волго-Вятского региона. 2018. № 20. С. 73–89.

43. Сидоров В. В. Изоморфизмы решеток подалгебр колец непрерывных действительнозначных функций : тезисы докладов Международной конференции «Мальцевские чтения». 19–22 ноября 2018 г. Новосибирск : ИМ СО РАН, ННИГУ, 2018. С. 166.

2019

44. Вечтомов Е. М., Сидоров В. В. Полукольца и их связи. II // Математический вестник педвузов и университетов Волго-Вятского региона. 2019. № 21. С. 68–86.

45. Сидоров В. В. Автоморфизмы полукольца многочленов $\mathrm{R}_+^{\vee}[x]$ и решетки его подалгебр (с единицей) // Современные проблемы математики и ее приложений : тезисы Международной (50-й Всероссийской) молодежной школы-конференции. Екатеринбург : Институт математики и механики им. Н. Н. Красовского УрО РАН, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, 2019. С. 20.

46. Сидоров В. В. Изоморфизмы решеток подалгебр полуколец непрерывных действительнозначных функций с max-сложением : мат-лы Международной конференции «Алгебра и математическая логика: теория и приложения», посвященная 125-летию Н. Г. Чеботарева и 75-летию М. М. Арсланова. Казань : КФУ, 2019. С. 160–162.

47. Сидоров В. В. Изоморфизмы решеток подалгебр полуполей непрерывных положительных функций // Сибирский математический журнал. 2019. Т. 60. № 3. С. 676–694.

48. Сидоров В. В. Изоморфизмы решеток подалгебр полуполей непрерывных положительных функций с max-сложением // Сибирские электронные математические известия. 2019. Т. 16. С. 1493–1530.

49. Sidorov V. V. Determinability of semirings of continuous nonnegative functions with max-plus by the lattices their subalgebras // Lobachevskii of Journal Mathematics. 2019. Vol. 40. No 1. Pp. 90–100.

50. Vechtomov E. M., Sidorov V. V., Mikhalev A. V. Semirings of continuous functions // Journal of Mathematical Sciences (New York). 2019. Vol. 237. No 2. Pp. 191–244.

2020

51. Вечтомов Е. М., Сидоров В. В. Полукольца и их связи. III // Advance Science. 2020. № 1 (16). С. 4–17.

52. Вечтомов Е. М., Лубягина Е. Н., Сидоров В. В., Чупраков Д. В. Элементы функциональной алгебры : в 2 т. Т. 10 (информация) / под ред. Е. М. Вечтомова // Объединенный каталог материалов международных и общероссийских выставок-презентаций научных, учебно-методических и литературно-художественный изданий. М. : Издательский дом Академии Естествознания, 2020. С. 63–64.

53. Sidorov V. V. Isomorphisms of semirings of continuous nonnegative functions and the lattices their subalgebras // Lobachevskii of Journal Mathematics. 2020. Vol. 41. No 9. Pp. 1684–1692.

54. Сидоров В. В. Автоморфизмы полукольца многочленов $\mathbf{R}_+^{\vee}[x]$ и решеток его подалгебр // Труды института математики и механики УрО РАН. 2020. Т. 26. № 3. С. 171–186.

55. Сидоров В. В. Изоморфизмы полуполей непрерывных положительных функций с max-сложением и решеток их подалгебр // Сибирские электронные математические известия. 2020. Т. 17. С. 318–337.

2021

56. Сидоров В. В. Изоморфизмы решеток подалгебр с единицей полуколец $\mathbf{R}_+^{\vee}[F]$ и $\mathbf{R}_+^{\vee}[G]$, где $F, G \in (\mathbf{R}_+^{\vee})^N$ // Труды Математического центра имени Н. И. Лобачевского. Т. 60 : мат-лы Международной конференции по алгебре, анализу и геометрии 2021. Казань : Изд-во Академии наук РТ, 2021. Т. 60. С. 124–125.

To the bright memory of the mathematician and teacher Vadim Veniaminovich Sidorov (1983–2023)

Vechtomov Evgeny Mikhailovich[1], Chermnykh Vasily Vladimirovich[2]

[1]Doctor of Physical and Mathematical Sciences, professor, Head of the Department of Fundamental Mathematics, Vyatka State University. Russia, Kirov. ORCID: 0000-0002-3490-2956. E-mail: vecht@mail.ru

[2]Doctor of Physical and Mathematical Sciences, associate professor, chief researcher, Syktyvkar State University n. a. Pitirim Sorokin. Russia, Syktyvkar. ORCID: 0000-0002-8650-4554. E-mail: vv146@mail.ru

Abstract. The article considers the activities of V. V. Sidorov, a mathematician, teacher, and a wonderful person. His life path is outlined. His achievements and achievements in mathematics and mathematical education are noted.

Keywords: Vadim Veniaminovich Sidorov, mathematics, mathematical education, activity.

Математический вестник Вятского государственного университета

Научный журнал № 2 (29) (2023)

16+

Вятский государственный университет,
610000, г. Киров, ул. Московская, 36
(8332) 208-964