

---

---

# ПРОБЛЕМЫ МЕТОДОЛОГИИ

УДК 378.14:517

DOI: 10.17853/1994-5639-2022-9-11-42

## О РЕАЛИЗАЦИИ ТРАНСДИСЦИПЛИНАРНОГО ПОДХОДА В ПОДГОТОВКЕ БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ МАТЕМАТИКИ

С. И. Калинин<sup>1</sup>, Л. В. Панкратова<sup>2</sup>

*Вятский государственный университет, Киров, Россия.  
E-mail: <sup>1</sup>kalinin\_gu@mail.ru; <sup>2</sup>pankratovalarisa19@rambler.ru*

**Аннотация.** *Введение.* Разрозненное изучение отдельных областей и отраслей знания, свойственное дисциплинарному подходу, во многом утратило свои позиции, признавая неизбежность междисциплинарного сотрудничества. В настоящее время уже междисциплинарность осмысливается на новом уровне, создавая предпосылки внедрения трансдисциплинарного подхода к решению сложных проблем, в том числе и в образовательной сфере.

*Цель* предпринятого исследования – в представлении средств реализации трансдисциплинарного подхода, актуальных в процессе подготовки будущих учителей математики и выявленных на основе анализа содержания обучения.

*Методология и методы.* Основанием при выработке мировоззренческой основы исследования послужили общенаучные и эмпирические методы. Они позволили составить целостную картину изучаемой проблемы, выявить ее закономерности и тенденции, понять сущность. Поиск и отбор предметного математического содержания, обладающего трансдисциплинарными свойствами, строился на системном и междисциплинарном подходах. На этапе проверки гипотезы исследования определяющим являлся компетентностный подход, а тактические задачи решались обращением к деятельностному подходу. Кроме того, были учтены основные положения концепций гуманизации и гуманитаризации образования, а также принципы фундаментализации математического образования.

*Результаты и теоретическая значимость исследования.* Обоснована целесообразность использования неравенств и выпуклых функций при подготовке будущих учителей математики в контексте трансдисциплинарного подхода. Поэтапное описание проведенной работы позволяет проследить приемы отражения современного научного содержания соответствующей тематики, условия, средства и предполагаемые результаты педагогического взаимодействия. Теория и методика обучения математике в вузе обогащены качественно новым видением образовательного потенциала понятий неравенства и выпуклой функции.

*Практическая ценность исследования.* Внедрение неравенств и выпуклых функций в процесс подготовки будущих учителей математики в ВятГУ позволило продемон-

стрировать возможности трансдисциплинарного подхода в развитии мировоззрения студентов и формировании у них профессионально значимых компетенций. Представленные средства реализации трансдисциплинарного подхода могут быть осмыслены также в обучении студентов иных направлений подготовки.

**Ключевые слова:** трансдисциплинарный подход, обучение в вузе, подготовка учителей математики, математический анализ, выпуклая функция, математическое неравенство.

**Благодарности.** Авторы благодарят анонимных рецензентов, ознакомившихся со статьей и сделавших ценные замечания, позволившие улучшить ее качество.

**Для цитирования:** Калинин С. И., Панкратова Л. В. О реализации трансдисциплинарного подхода в подготовке будущих учителей математики // Образование и наука. 2022. Т. 24, № 9. С. 11–42. DOI: 10.17853/1994-5639-2022-9-11-42

## ON THE IMPLEMENTATION OF A TRANSDISCIPLINARY APPROACH IN PREPARING FUTURE MATHEMATICS TEACHERS

S. I. Kalinin<sup>1</sup>, L. V. Pankratova<sup>2</sup>

*Vyatka State University, Kirov, Russia.*

*E-mail: <sup>1</sup>kalinin\_gu@mail.ru; <sup>2</sup>pankratovalarisa19@rambler.ru*

**Abstract. Introduction.** The disparate study of certain areas and branches of knowledge, characteristic of the disciplinary approach, has largely lost its position, recognising the inevitability of interdisciplinary cooperation. At present, interdisciplinarity is already being comprehended at a new level, creating the prerequisites for the introduction of a transdisciplinary approach to solving complex problems, including in the educational sphere.

**Aim.** The current research *aims* to present the transdisciplinary teaching means, which are relevant in the process of training future teachers of mathematics, and which are identified on the basis of an analysis of the content of education.

**Methodology and research methods.** General scientific and empirical methods were used to develop the ideological basis of the study. The aforementioned methods allowed the authors to draw up a complete picture of the problem under study, to identify its patterns and trends, to understand the essence. The search and selection of mathematics subject content with transdisciplinary properties was based on a systematic and interdisciplinary approach. At the stage of testing the research hypothesis, the competency-based approach was decisive, and tactical tasks were solved by referring to the activity approach. In addition, the main provisions of the concepts of humanisation and humanitarisation of education, as well as the principles of fundamentalisation of mathematical education, were taken into account.

**Results and theoretical significance.** The expediency of using inequalities and convex functions in the training of future mathematics teachers in the context of a transdisciplinary approach is substantiated. A phased description of the work carried out allows us to trace the methods of reflecting the modern scientific content of the relevant topics, conditions, means and expected results of pedagogical interaction. The theory and methods of teaching mathe-

matics at the university are enriched with a qualitatively new vision of the educational potential of the concepts of inequality and a convex function.

*Practical significance.* The introduction of inequalities and convex functions in the process of future mathematics teachers training at Vyatka State University made it possible to demonstrate the possibilities of a transdisciplinary approach in the development of students' worldview and the formation of professionally significant students' competencies. The presented means of implementing the transdisciplinary approach can also be comprehended in teaching students of other areas of training.

**Keywords:** transdisciplinary approach, university education, mathematics teachers training, mathematical analysis, convex function, mathematical inequality.

**Acknowledgements.** The authors thank the anonymous reviewers for their careful reading of the article and their insightful comments, which significantly helped improve its quality.

**For citation:** Kalinin S. I., Pankratova L. V. On the implementation of a transdisciplinary approach in preparing future mathematics teachers. *The Education and Science Journal*. 2022; 24 (9): 11–42. DOI: 10.17853/1994-5639-2022-9-11-42

## Введение

Цифровизация науки и образования, усиление процессов медиатизации культуры, глобализация и кризис идеологии полицентризма, трансформация запросов экономики и новые формы организации труда – с такими вызовами столкнулись университеты третьего тысячелетия. Это обусловило необходимость их перехода на новый этап развития, предусматривающий междисциплинарность научных исследований, мобильность ученых и студентов, признание значения образования в интересах общественного прогресса.

Сегодня именно вузы, обладая инновационной научной инфраструктурой и наращивая свои исследовательские возможности, задают темпы преобразований в науке и становятся ключевыми операторами формирования научного потенциала общества. В этой связи, по мнению В. А. Тестова, необходима разработка концепции высшего образования, отвечающей «духу времени», обеспечивающей полноту восприятия картины мира, «более глубокий, чем междисциплинарный, трансдисциплинарный синтез знания» [1, с. 205], поскольку для понимания единства мира науке уже недостаточно дисциплинарного подхода. Требуется новый уровень осмысления знаний, преодолевающий дисциплинарную односторонность. Данный тезис созвучен «Всемирной декларации о высшем образовании для XXI века: подходы и практические меры»<sup>1</sup>, принятой в 1998 г. в Париже участниками Меж-

---

<sup>1</sup>Всемирная декларация о высшем образовании для XXI века: подходы и практические меры от 9 октября 1998 года [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/901839539> (дата обращения: 18.02.2022).

дународной конференции ЮНЕСКО. В ней говорится: «Высшее образование должно укреплять свои функции, связанные со служением обществу ... главным образом путем применения междисциплинарного и трансдисциплинарного подхода к анализу проблем и вопросов», т. е. прямо указывается на необходимость внедрения трансдисциплинарных подходов в образовательные программы. Приоритеты развития современного отечественного образования и пути совершенствования системы подготовки специалистов декларируются рядом документов, в том числе Национальной доктриной образования в Российской Федерации<sup>1</sup>, а также национальными проектами («Образование»<sup>2</sup>, «Наука»<sup>3</sup>, «Наука и университеты»<sup>4</sup> и др.).

В системе научного знания математика занимает особое место, выступая в роли универсального языка науки и раскрываясь, таким образом, как одна из форм организации междисциплинарной практики. Данный факт делает крайне важным значение математики для современного общества и составляет основу принципов принятия общественно-политических решений не только при организации математических исследований, но и в сфере математического образования, в том числе и в системе подготовки учителей математики.

**Цель** настоящей статьи – представить средства реализации трансдисциплинарного подхода, актуальные в процессе подготовки будущих учителей математики и выявленные на основе анализа содержания обучения студентов.

В ходе исследования предполагается ответить на вопросы о современном статусе феномена трансдисциплинарности и особенностях его внедрения в сферу высшего образования, изучить условия отбора предметного математического содержания, обладающего трансдисциплинарными свойствами, и оценить результаты его использования в практике обучения.

**Гипотеза** представляемого исследования такова. Учебная деятельность в вузе, ориентированная лишь на непосредственную подготовку специалиста, такого как учитель математики, зачастую является частной

---

<sup>1</sup>Национальная доктрина образования в Российской Федерации [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <http://zdcollege.ru/docs/vospitanie/patriot/nr-f-doctrina.pdf> (дата обращения: 18.02.2022).

<sup>2</sup>Национальный проект «Образование», паспорт утв. 24 декабря 2018 г. [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://strategy24.ru/rf/education/projects/natsionalnyy-proekt-obrazovanie> (дата обращения: 24.04.2022).

<sup>3</sup>Национальный проект «Наука», паспорт утв. 03 сентября 2018 г. [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://strategy24.ru/rf/innovation/projects/natsionalnyy-proyekt-nauka> (дата обращения: 24.04.2022).

<sup>4</sup>Паспорт национального проекта «Наука и университеты» [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://minobrnauki.gov.ru/upload/2021/09/%D0%9D%D0%B8%D0%A3.PDF> (дата обращения: 25.04.2022).

и остается в стороне от интегративных процессов в науке и обществе. Мы предполагаем, что данный процесс будет более эффективным, если в обучении будущих педагогов использовать возможности трансдисциплинарного подхода. Это будет способствовать развитию у студентов способностей к анализу разнородной информации, достижению ими единства в освоении содержания учебных дисциплин, формированию информационной культуры и стиля мышления, позволяющего интегрироваться в динамику культурного социума.

**Ограничения** настоящей статьи состоят в осмыслении результатов конкретного исследования, проведенного на кафедре фундаментальной математики Вятского государственного университета и направленного на выявление в курсе математического анализа объектов содержания обучения, которые могут выступать средством реализации трансдисциплинарного подхода.

## Обзор литературы

Изучение литературных источников проводилось в нескольких направлениях, что способствовало разностороннему анализу состояния исследуемой проблемы.

1. *Характеристика феномена трансдисциплинарности в научном пространстве.* Понятие «трансдисциплинарность» появилось в науке около полувека назад благодаря J. Piaget и E. Antsch. Их варианты трактовки данного феномена, несколько различаясь, предполагали взаимопроникновение, «переплавление» понятий или методов из различных дисциплин, своего рода метазнание [2]. В современных исследованиях явления трансдисциплинарности за рубежом доминируют два направления, одно из которых связано с одноименной проблематикой теории познания<sup>1</sup> (B. Nicolescu, H. Nowotny, G. Popescu и др.), а второе – с методологической разработкой сложных социально-гуманитарных проектов<sup>2</sup> (P. Hadorn, H. Hadorn, R.W. Scholz и др.).

---

<sup>1</sup> См., напр., Gibbons M., Limoges C., Nowotny H., Schwartzman S., Scott P., Trow M. The new production of knowledge: the dynamics of science and research in contemporary societies. London: Sage, 2010. DOI: 10.4135/9781446221853; Nicolescu B. Transdisciplinarity – Past, Present and Future // Haverkort B, Reijntjes C, Moving Worldviews – Reshaping Sciences, Policies and Practices for Endogenous Sustainable Development. Holland: COMPAS Editions. 2006. P. 142–166; Popescu G., Stan A. Who is the transdisciplinary educator? // Procedia – Social and Behavioral Sciences. 2015. Vol. 203. P. 95–101.

<sup>2</sup> См., напр., Hadorn P., Hadorn H. Principles for Designing Transdisciplinary Research, proposed by Swiss Academies of Arts and Sciences, Munkhen: Oekhom, Verlag, 2007; Scholz R. W., Roy A. H., Hellums D. T. Sustainable phosphorus management: a transdisciplinary challenge // Sustainable Phosphorus Management: A Global Transdisciplinary Roadmap. 2014. P. 1–128.

На сегодняшний день феномен трансдисциплинарности изучен весьма широко, в частности, охарактеризованы наиболее часто употребляемые значения этого термина (см., напр., работы А. Judge и В. С. Мокия, Т. А. Лукьяновой [3,4]). Единого же понимания трансдисциплинарности до сих пор нет. Тем не менее в контексте нашей работы важно указать на различия между междисциплинарностью, полидисциплинарностью (мультидисциплинарностью) и трансдисциплинарностью, поскольку данные феномены отражают эволюцию современных научных исследований в затрагиваемой области.

Как считает Е. Н. Князева, полидисциплинарность (в международном сообществе чаще используется термин «мультидисциплинарность» (multi-disciplinarity)) – это «неинтегративная смесь дисциплин, в которой каждая дисциплина сохраняет собственную терминологию и собственные теоретические допущения, не видоизменяя и не дополняя их» [5, с. 193]. По мнению В. С. Мокия и М. С. Мокия, мультидисциплинарный подход, взаимодействуя с целостным объектом исследования, все же обязывает ученых действовать в рамках общепринятой научной парадигмы [6]. В отличие от полидисциплинарности междисциплинарность осуществляет взаимное обогащение научных областей и дисциплин за счет знаний, методологии и языка других, подразумевая циркуляцию их общих понятий, своеобразную научную кооперацию и позволяя достигать продуктивного синтеза теории, практики и технологий.

В свою очередь, трансдисциплинарность как наиболее современное проявление интегративных тенденций в науке характеризует исследования, выходящие за пределы конкретных дисциплин, характеризующиеся «переносом когнитивных схем из одной дисциплинарной области в другую, разработкой и осуществлением совместных проектов исследования» [5, с. 194]. В данной связи неудивительно, что интерес к феномену трансдисциплинарности нередко проявляют ученые, занимающиеся проблемами синергетики. Синергетика выстраивает понимание картины мира в равной мере с позиций естественнонаучного и гуманитарного знания, что близко идеям трансдисциплинарности. Следует, однако, согласиться с Е. Н. Князевой, утверждающей, что «Синергетика обеспечивает только общие трансдисциплинарные рамки, когнитивную стратегию или эвристический подход к конкретному научному исследованию. Конкретные приложения нелинейно-динамических и синергетических моделей ... могут быть успешно проведены только при глубоком знании соответствующей научной дисциплины или/и при тесном сотрудничестве со специалистами в этой дисциплинарной области» [5, с. 197]. Таким образом, дисциплинарность и трансдисциплинарность в научном пространстве существуют взаимообусловленно, выступая в определенной роли на разных этапах исследования.

2. *Трансдисциплинарный подход в теории и практике обучения.* Проникновение трансдисциплинарного подхода в науки об образовании и воспитании вполне закономерно. И. А. Колесникова в данной связи отмечает: «Знание о том, как воспитывать и учить человека, изначально трансдисциплинарно, поскольку педагогика объединяет в себе черты философии, религии, науки, ремесла, искусства, техники, народной мудрости» [7].

Методологические исследования различных аспектов трансдисциплинарности в образовании активно предпринимаются за рубежом. В работе [8], к примеру, ее автор S. Konradi приходит к выводу, что трансдисциплинарный подход – это интегративный дидактический подход, благодаря которому обучение становится опытом познания. Она аргументирует свою позицию тем, что «сложность, стремительный ритм изменений и кажущаяся фрагментарность реальности ... ведут к обособлению и рассеянию, но в то же время открывают в качестве противоядия путь к трансдисциплинарности» [8, с. 113], подчеркивая таким образом, что трансдисциплинарность превращает обучение в органическую часть жизни, обеспечивая целостность знаний и способствуя формированию диалектического мышления.

Можно выделить ряд иностранных работ, представляющих технологии реализации трансдисциплинарного подхода. Так, в работе [9] с использованием трансдисциплинарного системного подхода показаны возможности устранения цифрового разрыва при решении проблем технологий, политики, общества и образования. М. Hammer и Т. Söderqvist в [10] приводят результаты эксперимента, поставленного в Стокгольмском университете и направленного на поиск конструктивных способов введения трансдисциплинарных элементов в учебные курсы дисциплин.

Пути решения проблем трансдисциплинарности в образовании регулярно обсуждаются на различных конференциях и семинарах<sup>1</sup>, использование трансдисциплинарного подхода становится необходимым при выполнении магистерских и докторских диссертаций. Кроме того, образованы и успешно функционируют академии и институты трансдисциплинарного образования (известно, что соответствующие проекты реализуются, например, в Университете штата Аризона (США), Университете природных ресурсов и прикладных естественных наук (Вена, Австрия), Институте устойчивого будущего Технологического университета (Сидней, Австралия).

На этом фоне отечественное высшее образование в обращении к трансдисциплинарности более инертно, даже несмотря на активную про-

---

<sup>1</sup> В числе последних, например, 27TH ISTE international conference on transdisciplinary engineering, TE 2020 Virtual, Online, 01–10 July 2020 (Organizers: Grupa ZPR, International Society of Transdisciplinary Engineering (ISTE), IOS Press, PROSTEP AG, Warsaw University of Technology); Инновационные стратегии в современной социальной философии, Минск, 07–08 декабря 2021 года; 15TH Annual IEEE International systems conference, SYSCON 2021, Virtual conference, 2021, April 15 – May 15 и др.

светительскую деятельность Института трансдисциплинарных технологий<sup>1</sup>. Выделим, однако, ряд важных, с нашей точки зрения, работ российских авторов. Г. В. Телегиной<sup>2</sup> исследованы социально-эпистемологические основания актуальных тенденций в современном образовании, в том числе их трансдисциплинарный дискурс. Автор считает образование саморазвивающейся социокультурной средой, способствующей наиболее полной реализации жизненного и познавательного потенциала личности, что неизбежно предполагает обращение к трансдисциплинарному подходу.

Схожей точки зрения придерживается О. В. Крежевских, предлагая понимать трансдисциплинарное образование как «единый процесс обучения и воспитания, ориентированный на формирование трансдисциплинарной личности» [11, с. 176]. Концептуальной основой трансдисциплинарного образования, по ее мнению, должны выступать три принципа, три «столпа трансдисциплинарности», выделенные еще Б. Николеску<sup>3</sup>. Первый предполагает рассмотрение научной или учебной проблемы с точки зрения смежных и несмежных наук и научных направлений. Второй, именуемый «логикой включенного среднего», ориентирует обучающихся на поиск общих точек соприкосновения при совместном изучении трансдисциплинарных объектов. Третий (важнейший) столп трансдисциплинарности состоит в формировании особой трансдисциплинарной этики, признающей и уважающей культурное разнообразие.

В последние годы появилось довольно много публикаций, посвященных методической разработке вопросов трансдисциплинарного образования. Ограничиваясь высшей школой, отметим монографию [12] В. Е. Жабакова с коллегами, представляющую возможности трансдисциплинарного подхода в подготовке будущих педагогов физической культуры. Авторы, исследуя теоретические и методологические основания проблемы трансдисциплинарности, создают концептуальную модель реализации трансдисциплинарного подхода, в которой обращаются к проектированию трансдисциплинарных учебных комплексов дисциплин, трансдисциплинарных образовательных траекторий и кейсов.

О. В. Крежевских в работе [11] изучает процесс формирования личности будущих педагогов дошкольного образования, подбирая методологию

---

<sup>1</sup>С направлениями деятельности Института трансдисциплинарных технологий и ее результатами можно ознакомиться на сайте <http://td-science.ru/index.php/vse-o-transditsiplinarnosti>.

<sup>2</sup>См. Телегина Г. В. Образование в трансдисциплинарном континууме: социально-философский анализ: дис. ... д-ра филос. наук: 09.00.11 [Электрон. ресурс]. Тюмень, 2006. 428 с. Режим доступа: <https://dlib.rsl.ru/01003388733> (дата обращения 12.02.2022).

<sup>3</sup>Nicolescu B. Towards transdisciplinary education. The Journal for Transdisciplinary Research in Southern Africa. 2000. Vol. 1, № 1. P. 5–16.



системы трансдисциплинарного образования в соответствии с принципами полипарадигмальности, конвергенции, междисциплинарности, конструктивизма. С позиций деятельностного подхода в работе [13] осмысляются возможности междисциплинарности и трансдисциплинарности в системе обучения иностранным языкам. Имеются публикации, подводящие под контекст трансдисциплинарности подготовку будущих IT-специалистов, экологов, природопользователей и даже военных.

3. *Математика как инструмент реализации трансдисциплинарного подхода.* Мы не могли обойти стороной данную область знаний при анализе литературных источников, поскольку трансдисциплинарный подход является предметом нашего исследования в контексте формирования нового взгляда на роль математики в трансформации образовательного пространства вуза. Изучение публикаций показало, что многими авторами отмечаются возможности математики в сопряжении, синтезе знаний из различных научных областей. Процесс такой интеграции осуществляется посредством математического содержания и на языке математики, поскольку «Математика – это метаязык, представляющий собой неразрывное единство естественного языка и специального символического подъязыка с точными правилами словообразования» [14, с. 7].

Роль математики в обновлении содержания образования и выводе его на новый, трансдисциплинарный уровень при условии включения в содержание обучения современных математических теорий и методов рассмотрена В. А. Тестовым и Е. А. Перминовым в работе [15]. Авторы подчеркивают, что в подготовке современных специалистов важнейшую роль играет изучение трансдисциплинарных концепций, а также трансдисциплинарных понятий (модель, алгоритм, отношение, операция, квантор и т. д.), составляющими аппарат методологии моделирования. По их мнению, «Методология моделирования породила такие математические методы исследований с помощью компьютера, которые дали возможность справляться с задачами, раньше считавшимися практически неразрешимыми. В первую очередь, это методы математики, лежащие в основе мягкого моделирования, предполагающего построение мягких моделей объектов, явлений и процессов, которые можно корректировать в процессе исследования и на основе которых получают результаты с достаточной долей достоверности» [15, с. 21]. Использование возможностей современного компьютера послужило главной причиной укрепления математики в лидирующей роли при реализации научных исследований на основе принципа трансдисциплинарности.

Математическое моделирование как «носитель» трансдисциплинарности изучается М. Караивановой. В исследовании [16] она демонстрирует результаты работы по интеграции разнородного учебного содержания в

рамках общеобразовательной подготовки по математике для коррекционно-развивающих стратегий инклюзивного образования. Интеграция знаний осуществляется в ходе моделирования элементарными математическими средствами и организуется в тематический трансдисциплинарный модуль. На примере модуля «Моделирование меандра как элемента болгарской культуры» выполнена экспериментальная работа с учениками, обладающими интеллектуальным дефицитом. Выводы, сделанные автором, позиционируют трансдисциплинарный модельный подход как качественно новую коррекционно-развивающую стратегию, реализация которой возможна в условиях инклюзии. Это достигается за счет встраивания элементов информационной культуры в общий набор компетенций и обогащения культурно-образовательного контекста вне традиционных учебных программ.

Прочная привязка к информационным технологиям, проектированию смарт-объектов характеризует деятельность F. S. Tortoriello и I. Veronesi по организации проекта «Математический лицей» (см. [17]). Авторы, однако, несколько «теряют связь» с фундаментальными понятиями математики.

Возможность применения дифференциальных уравнений для моделирования процесса имущественного расслоения византийских крестьян XIII–XIV вв. описана К. В. Хвостовой (см. [18]). В указанной статье подчеркивается, что данная процедура «является не только междисциплинарной, но и трансдисциплинарной, в ней сочетается источниковое и интуитивное внеисточниковое знание». Говоря о возможности использования математических методов для измерения эффективности социально-экономических тенденций в истории цивилизации, автор указывает на их особую значимость в реализации трансдисциплинарных стратегий.

Следует признать, что для применения математического знания в решении трансдисциплинарных проблем, в том числе проблем образования, существуют определенные границы. Однако возникает закономерный вывод: возможности математики в аспекте применения трансдисциплинарного подхода изучены пока недостаточно. Это делает предпринятое исследование по поиску средств реализации трансдисциплинарного подхода, актуальных при подготовке будущих учителей математики и выявленных на основе анализа содержания обучения студентов, своевременным и важным.

Перейдем к представлению исходных положений и полученных результатов исследования.

## **Методология, материалы и методы**

При формировании методологического аппарата исследования мы руководствовались несколькими подходами и методами. На начальном этапе, при выработке мировоззренческой основы представляемой работы, в

основном использовались общенаучные и эмпирические методы исследования. С их помощью удалось составить целостную картину изучаемой проблемы, выявить ее закономерности и тенденции, понять сущность. Большое значение на данном этапе придавалось изучению и анализу литературы, в том числе классических трудов по математике и современных научных публикаций (журнальных статей и монографий). Исследования проводились по материалам международных баз данных Scopus, WOS, а также данным научной электронной библиотеки РФ на платформе eLIBRARY.RU с глубиной поиска более 50 лет<sup>1</sup>.

При осуществлении поиска и отбора предметного математического содержания, обладающего трансдисциплинарными свойствами, ведущая роль отводилась системному подходу. Это позволило воспринимать анализируемые математические объекты целостными, в сложной структуре устойчивых связей, что является необходимым с позиций трансдисциплинарности. Кроме того, на последующих этапах исследования, при внедрении средств трансдисциплинарного подхода в процесс подготовки будущих учителей математики, системный подход также играл немаловажную роль, поскольку принципиальную образовательную задачу составляло развитие системного мышления студентов.

Обращение к междисциплинарному подходу обусловлено тем, что междисциплинарный уровень развития научного знания был исходной точкой появления и последующего развития трансдисциплинарности. В отношении содержания обучения в вузе В. С. Сенашенко, к примеру, отмечает: междисциплинарность окружающего мира «должна найти отражение как в общем, так и в профессиональном образовании..., а глубина восприятия окружающего нас мира во многом будет зависеть от степени междисциплинарности высшего образования» [19, с. 80].

На этапе проверки эффективности изучения студентами трансдисциплинарных математических объектов определяющим явился компетентностный подход, лежащий в основе современных Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования<sup>2</sup>. Именно

---

<sup>1</sup> Отдельные первоисточники относятся к XIX в. (напр., Hadamard J., Etude sur les proprietes des fonctions entieres et en particulier d'une fonction consideree par Riemann // Journal de Mathématiques Pures et Appliquées. 1893. Vol. 58. P. 171–215).

<sup>2</sup> См. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки) [Электрон. ресурс]. Режим доступа: [https://fgosvo.ru/uploadfiles/FGOS%20VO%203++/Bak/440305\\_B\\_3\\_15062021.pdf](https://fgosvo.ru/uploadfiles/FGOS%20VO%203++/Bak/440305_B_3_15062021.pdf) (дата обращения 19.05.2022); Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования – магистратура по направлению подготовки 44.04.01 Педагогическое образование [Электрон. ресурс]. Режим доступа: [https://fgosvo.ru/uploadfiles/FGOS%20VO%203++/Mag/440401\\_%D0%9C\\_3\\_17062021.pdf](https://fgosvo.ru/uploadfiles/FGOS%20VO%203++/Mag/440401_%D0%9C_3_17062021.pdf) (дата обращения 19.05.2022).

компетенции определяют набор универсальных когнитивных умений будущего специалиста и обеспечивают ему целостное восприятие картины мира. Формирование же компетенций задает профиль результата обучения и непосредственно связано с интеграционными процессами в предметных областях: интеграцией содержательных основ, применяемых методов и средств.

Тактическим задачам исследования отвечает деятельностный подход, поскольку при формировании компетенций особое значение приобретает необходимость активного усвоения знаний и опыта. Такая деятельность обучаемого ведет к его внутреннему личностному росту, а далее – к усвоению мультикультурных традиций общества.

В исследовании были учтены основные положения концепций гуманизации и гуманитаризации образования, ввиду того что феномен образования сложен и изначально соотнесен со стратегиями социализации и воспитания. Трансдисциплинарность же требует изменения педагогической парадигмы, объединяя в себе ее антропологический, исторический, культурологический, педагогический, психологический и другие аспекты.

Условиям перехода к трансдисциплинарному образованию отвечают и положения концепции фундаментализации математического образования. А. П. Киященко, например, объясняет это тем, что отправной точкой распространения трансдисциплинарных исследований в России явились «проблемы соотношения фундаментального и прикладного, значения практического для фундаментального, роли общества, исследовательской группы и ответственности ученого в научном исследовании» [20, с. 42]. Это позволяет рассматривать трансдисциплинарность как современный тип производства научного знания, представляющий гибрид фундаментальных исследований, ориентированных на познание истины, и исследований, направленных на получение полезного эффекта.

## **Результаты исследования**

Содержание данного раздела представим в соответствии с логикой исследования, соотнося ключевые выводы с последовательностью его этапов.

1. *Формирование мировоззренческой основы работы.* Изучение трудностей по мультидисциплинарности, междисциплинарности и трансдисциплинарности в науке, анализ нюансов понимания данных феноменов, а также оценка их влияния на систему образования позволили заключить следующее. Сегодня мультидисциплинарного и междисциплинарного подходов уже недостаточно для эффективной защиты от нарастающей тенденции фрагментации знаний, поскольку простое сопоставление или конвергенция дисциплинарных подходов не позволяют достичь фундаментального единства

знания. Следовательно, концепции и методологические инструменты данных подходов должны быть переосмыслены. Трансдисциплинарность же, принимая отдельные методики различных взаимосвязанных дисциплин, преобразовывает и в итоге превосходит их. Это способствовало тому, что в настоящее время именно трансдисциплинарность рассматривается «как особый тип мышления, ориентированный на интеграцию фундаментального и прикладного знания, базирующийся на их кооперации, в результате которой возникает новое системное качество образования» [21].

Решение задачи освоения и внедрения трансдисциплинарного подхода в процесс подготовки будущих педагогов видится нам в выделении таких знаний, которые позволят выпускникам впоследствии, в профессиональной деятельности, интегрировать идеи из различных областей наук, грамотно оперировать междисциплинарными понятиями и категориями, комплексно воспринимать инновационные процессы. При этом роль математики в трансдисциплинарном тренде образования исключительна. В этом убеждены многие ученые, мы же приведем здесь мнение В. А. Тестова и Е. А. Перминова: «Математическая подготовка обеспечивает формирование у студентов не только общих трансдисциплинарных представлений, но и овладение общекультурной когнитивной стратегией в решении профессиональных задач» [15, с. 27]. Авторы подчеркивают: «В центре внимания математических исследований с течением времени могут оказаться другие проблемы и средства их решения. Но трансдисциплинарная направленность математических идей и методов останется неизменной» [15, с. 26]. Таким образом, математическая подготовка будущего учителя математики является приоритетной в решении задачи формирования эффективного профессионала цифрового общества.

2. *Поиск и отбор предметного математического содержания, обладающего трансдисциплинарными свойствами.* На этой стадии деятельности осуществлялся поиск трансдисциплинарных математических понятий и концепций, которые могут качественно изменить процесс подготовки обучающихся. Согласно ведущей роли системного подхода на данном этапе исследования каждый такой объект в структуре математического знания должен представлять собой подсистему, образующую множественные междисциплинарные связи. Кроме того, выделяемые объекты должны сочетать в себе фундаментальные характеристики и возможности использования в прикладных задачах. Еще одним критерием при отборе потенциально трансдисциплинарных математических объектов стало изучение динамики их развития (отслеживание плотности посвященных им научных публикаций, многообразия исследуемых аспектов, разнородности тенденций использования и пр.).

В соответствии со сферой научных интересов авторов настоящей статьи такими объектами в итоге стали *неравенства и выпуклые функции*. Приведем аргументы в пользу данного выбора.

Надпредметность понятия неравенства обоснована нами в диссертации<sup>1</sup>. Там же рассмотрены способы использования математических неравенств в различных областях науки и практики, их естественнонаучный, гуманитарный и образовательный потенциал. Анализ научных публикаций, связанных с неравенствами, позволил утверждать о разнообразии способов их осмысления учеными. Речь идет как о способах выстраивания авторами логики доказательства утверждений (в числе прочих здесь используются методы компьютерного моделирования, вычислительные эксперименты по проверке гипотез), так и о многочисленных приложениях.

Вместе с неравенствами соответствующим образом изучались и выпуклые функции, поскольку данные разделы математики глубоко связаны между собой. Активное развитие теории выпуклых функций в современной науке не случайно: большой класс оптимизационных задач, в том числе связанных с решением экономических, экологических и социальных проблем общества, требует применения их свойств. В последнее время наблюдается повышение уровня абстрактности теории выпуклых функций, появляются новые способы характеристики выпуклости (например, в работе [22] устанавливаются аналоги неравенств типа неравенств Эрмита – Адамара для гармоническо-логарифмически выпуклых (log-HG-выпуклых) функций, а в работе [23] – для гармоническо-геометрически выпуклых функций). Одно из концептуальных обобщений понятия выпуклости ( $r$ -выпуклость) функции обсуждается в работе [24]. Авторами введено в рассмотрение понятие строгой  $r$ -выпуклости, что существенно для приложений.

Неравенства незаменимы при оценке точности приближения в реализации численных алгоритмов конкретных методов решения задач. Дисциплина «Численные методы», являющаяся одной из составляющих подготовки будущих учителей математики и информатики, обращается к целому ряду классических практико-ориентированных алгоритмов, в том числе при решении задач линейного и выпуклого программирования. В условии выстраивания обучения студентов на основе фундаментальной математической базы классические методы численного анализа позволяют демонстрировать различия в подходах к исследованию математических моделей в «чистой» и прикладной математике, включая множество современных теоретико-числовых алгоритмов, связанных с вопросами защиты информации.

---

<sup>1</sup> Панкратова А. В. Формирование исследовательских умений в обучении математике учащихся общеобразовательных школ средствами неравенств: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02. Киров, 2014. 219 с.

В последнее время активно исследуются возможности численных методов решения задач выпуклой оптимизации. Совсем свежие результаты об ускоренных градиентных и тензорных методах, методах внутренней точки и пр., положенные в основу ряда современных пакетов решения задач выпуклой оптимизации, рассмотрены в [25]. Наверное, будет уместно привести здесь слова Р. Рокафеллара, взятые в качестве предисловия к данному пособию: «Оптимизация занимает необычное место в математике. В действительности, она должна стоять на трех китах. Один кит – это некоторая базовая теория вроде выпуклого анализа. Второй кит – это ... искусство математического моделирования. Третий кит, на котором стоит оптимизация, – это численные методы. Все три существенно взаимосвязаны». Авторы пособия [25] приводят примеры задач выпуклой оптимизации, демонстрирующих применение современных численных методов<sup>1</sup>. Конечно, погружение в соответствующую тематику потребует значительных совместных усилий преподавателей и студентов.

Перейдем к следующему примеру. Итальянский статистик Коррадо Джини, один из общепризнанных создателей современной социальной статистики, активно изучавший имущественное неравенство, в 1970 г. описал специальный класс средних величин. Впоследствии же оказалось, что средние Джини и неравенства для них находят неожиданные применения в химии полимеров. Позволим себе лишь указать статью [26], в которой проводится подробный анализ авторитетных литературных источников по данному вопросу.

К средним величинам, кроме прочего, обращаются при построении и анализе знаменитого индекса Джини. Следует заметить, что неравенства для средних широко применяются и в самой математике, и в ее прикладных областях (см., например, решение задачи обработки видеонаблюдений, представленное в [27]). В отношении же средних Джини А. Б. Певный и С. М. Ситник подчеркивают: «Понятие средних Джини и индекса Джини, теория Колмогорова – Нагумо – де Финетти квазиарифметических средних, названная по именам ее создателей, – все это важнейшие и необходимые составляющие современной математики и статистики» [26, с. 138]. Данная информация будет небезынтересна студентам при изучении курса теории вероятностей.

Тропическая (или идемпотентная) математика, изучающая полукольца с идемпотентным сложением, является сегодня одной из наиболее быстро

---

<sup>1</sup> Среди рассмотренных – задача Монжа о сравнении объектов, различающихся вероятностными распределениями и моделирующими объекты реального мира – изображения, видео, тексты; задача оптимизации топологии фермы; задача аппроксимации сигнала и др.

развивающихся областей математики. Известно, что многие оптимизационные задачи техники, теории управления и экономики могут эффективно решаться посредством аппарата тропической математики. Одной из таких задач является минимаксная задача размещения точечного объекта на плоскости с прямоугольной метрикой, известная также как задача Ролса или задача посыльного (см. [28]). Подобные задачи могут возникать, например, «при оптимальном размещении объектов экстренной помощи населению (противопожарные службы, службы скорой помощи и др.) в городах с дорожной сетью в виде параллельных и перпендикулярных между собой улиц, при котором минимизируется расстояние от объекта до самого дальнего возможного очага возгорания или самого удаленного места проживания больного. Другие примеры включают оптимальное размещение сервера локальной сети (центрального пульта систем видеонаблюдения, охранной и пожарной сигнализаций и т. п.) в зданиях и сооружениях с прямоугольными и перпендикулярными друг другу маршрутами прокладки проводных линий связи по критерию минимизации потерь при передаче сигнала» [28, с. 117]. В цитируемой работе данная задача посредством аппарата тропической математики сведена к решению системы неравенств с рядом параметров. Отдельно заметим, что, рассматривая элементы тропической математики, авторы приводят и «тропический» аналог неравенства между геометрическим и арифметическим средними, известного как неравенство Коши.

Профессором А. Н. Голубятниковым в свое время был разработан спецкурс «Неравенства и оценки в газовой динамике» для студентов механико-математического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова. В аннотации к нему автор указывает: «Спецкурс дает представление о методах обоснования и применении основных интегральных и дифференциальных неравенств в задачах газовой динамики, связанных с оценками решений, движениями разрывов, свободных поверхностей и эволюцией некоторых интегральных характеристик тела в целом. Показано, что во многих случаях удастся получить двусторонние оценки, представленные в элементарных функциях, не решая полных дифференциальных уравнений в частных производных»<sup>1</sup>. Анализ программы спецкурса позволяет убедиться в том, что описание многих физических явлений и процессов (распространение ударной волны, изменение внутренней и кинетической энергии тела, гравитация и др.) может быть произведено не только с помощью аппарата вариационного исчисления, дифференциальных и интегральных уравнений, но и с опорой на классические неравенства Гельдера, Йенсена, Минковского, Юнга.

---

<sup>1</sup>Алфавитный указатель курсов МГУ [Электрон. ресурс]. Режим доступа: [http://www.math.msu.ru/content\\_root/programs/alf.htm](http://www.math.msu.ru/content_root/programs/alf.htm) (дата обращения 04.05.2022).



Таким образом, наличие приложений и понятийно-смысловых соответствий в различных областях знания позволяет говорить о неравенствах и выпуклых функциях как об объектах, обладающих свойствами трансдисциплинарности и нуждающихся в трансдисциплинарном трактовании.

3. *Внедрение трансдисциплинарных объектов в практику подготовки будущих учителей математики и оценка его эффективности.* Освоение будущими педагогами математического образования различных аспектов выделенных трансдисциплинарных объектов было реализовано в ходе изучения следующих дисциплин:

- «Математический анализ» (направление подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование», профили «Математика», «Информатика»);
- «Математическое моделирование и модели реальных процессов» (направление подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование», профили «Математика», «Информатика»);
- «Неравенства и выпуклые функции» (направление подготовки 44.04.01 «Педагогическое образование», профиль «Математика»);
- «Методика преподавания математики в вузе» (направление подготовки 44.04.01 «Педагогическое образование», профиль «Математика»).

Кроме того, соответствующие вопросы обсуждались с преподавателями курсов общей алгебры и алгебраических структур, теории вероятностей и математической статистики, численных методов, теории алгоритмов. Результаты обсуждения вполне конструктивные.

Мы придерживались позиции, означенной в работе [6]. Ее авторы В. С. Мокий и М. С. Мокий выражают следующее мнение: на уровне бакалавриата приоритетным должен быть дисциплинарный подход к обучению, поскольку на данном этапе ключевую роль играет становление научного мировоззрения студентов и формирование у них определенной картины мира, методологии и языка, адекватного по своим объяснительным возможностям. Заметим, что такая точка зрения не препятствует изучению трансдисциплинарных математических объектов. Напротив, в будущем, в ходе магистерской подготовки (а также в аспирантуре) это будет способствовать полноценному восприятию трансдисциплинарных концепций. Оставляя на уровне магистратуры приоритет за междисциплинарным и трансдисциплинарным подходами, мы добиваемся постепенного расширения дисциплинарной картины мира обучающихся. Благодаря наличию комплекса фундаментальных естественнонаучных, технических, психолого-педагогических и социально-экономических знаний, соответствующей методологической подготовки и опыта профессиональной деятельности, у выпускника магистратуры формируется новый, единый образ мира и его техногенного потенциала.

Очевидно, реализация трансдисциплинарного подхода не может происходить исключительно за счет расширения перечня изучаемых в вузе дисциплин. Но коррекция учебных курсов путем включения в них содержания, значимого для будущей педагогической деятельности выпускника, возможна. Она обеспечивается, например, обращением к понятиям, имеющим фундаментальное значение для всех предметных областей знаний при использовании современных педагогических и дидактических методов, форм и средств обучения. В нашем случае при изучении неравенств и выпуклых функций широко использовались методы проблемного обучения, эвристические и исследовательские приемы.

Активизации мышления студентов способствовала их самостоятельная учебная деятельность. В данной связи были пересмотрены фонды оценочных средств (ФОС) дисциплин на предмет использования в них проблемных заданий, требующих творческого осмысления изучаемого материала. К примеру, в ФОС дисциплины «Неравенства и выпуклые функции» вошли следующие вопросы: «Почему неравенство, известное в России как неравенство Коши – Буняковского, в иностранной литературе называют также неравенством Шварца?», «Как можно использовать классические неравенства при решении оптимизационных задач?», «Йоганн Людвиг Йенсен еще при жизни предсказал, что выпуклые функции станут фундаментальным математическим объектом. Представьте, что у вас есть возможность сообщить ему, насколько он был прав. Что бы вы сказали Йенсену?» и др. Самостоятельная работа магистрантов при освоении дисциплины «Методика преподавания математики в вузе» выливалась в обсуждение проблемных вопросов и написание методических эссе.

Мы считаем чрезвычайно важной самостоятельную работу студентов, поскольку собственные интеллектуальные усилия позволяют запустить процесс интериоризации знаний. Организация самостоятельной работы на основе трансдисциплинарного подхода «предполагает создание когнитивных схем, которые закладывают внутреннюю программу действия по поэтапной переработке информации, поиску наиболее эффективных путей работы с ней, переходят из одной дисциплины в другую, что способствует внедрению сложного и нелинейного мышления» [21, с. 337]. Авторы цитируемой работы говорят о необходимости создания условий, при которых самостоятельная внеаудиторная работа студентов будет ведущей в процессе самоучения. Это будет возможно, если сформирован особый стиль мышления обучаемых, предполагающий целостный подход к изучению процессов и явлений в рамках профессиональных и специальных дисциплин. Стимулировать процесс самоучения студентов можно путем вовлечения их в научную деятельность. Применение информационно-компьютерных технологий в данном случае позволит организовать грамотную визуализацию получаемой информации, ее более эффективное усвоение и обработку.

Представление результатов самостоятельных исследований обучающихся осуществлялось на занятиях студенческого научного семинара по математическому анализу. Его деятельность в Вятском государственном университете (ранее – в Вятском государственном гуманитарном университете, Вятском государственном педагогическом университете) продолжается с 1994 г. Получить представление о солидных результатах работы семинара можно, например, при обращении к статье [29]. Подчеркнем, что к участию в работе данного семинара приглашаются все желающие. Это позволяет в его рамках не только знакомиться с результатами исследований, выполненных студентами самостоятельно, но и заслушивать доклады преподавателей естественнонаучных дисциплин, информатики, прикладной математики, встречаться с координаторами математических олимпиад и популяризаторами науки. Таким образом, студенческий семинар выступает своего рода междисциплинарным форумом. В работе [7] отмечается: «Для формирования и поддержания трансдисциплинарного дискурса необходим новый тип неконфликтной коммуникативной культуры, позволяющий продуктивно взаимодействовать», однако при этом могут возникнуть трудности, обусловленные необходимостью совмещения различных подходов в едином проблемном поле и выбором языка общения, понятного всем участникам диалога. Очевидно, представленная деятельность в рамках семинара способствует решению этих задач.

Компетентностный подход в системе оценивания результатов обучения студентов предполагал различные способы контроля их образовательных результатов. К примеру, достижение цели развития критического мышления оценивалось посредством написания студентами эссе и научных статей, их выступлениями на научном семинаре и различных конференциях, способностями к критическому анализу литературы и т. п. Навыки коммуникации и аргументации изучались путем наблюдений за студентами в процессе групповой работы, участия в публичных выступлениях, дискуссиях, дебатах; способности к управлению и самоуправлению – через само- и взаимооценку, портфолио, посредством организации взаимообучения; навыки работы с информацией – в ходе аннотирования библиографии, рецензирования, цитирования, создания баз данных. Оценка когнитивной компетенции студентов осуществлялась при проведении устных и письменных опросов, выполнении промежуточных тестирований, в рамках экзаменов и зачетов по дисциплинам. Положительная динамика названных компонентов компетентностной культуры прослеживалась у большинства участников студенческого научного семинара по математическому анализу.

Наиболее эффективным методом оценки компетенций, сформированных в процессе подготовки выпускника в вузе, считается его выпускная квалификационная работа (ВКР). Именно она позволяет оценить уровень профессиональной зрелости и творческого потенциала выпускника, его спо-

способность к решению сложных профессионально значимых задач. В таблице 1 приведены данные о ВКР и магистерских диссертациях, выполненных на кафедре фундаментальной математики ВятГУ с 2016 по 2021 гг. и связанных с различными аспектами исследования неравенств и выпуклых функций. Подчеркнем, что выборка сделана только для студентов направлений подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование», профили «Математика», «Информатика» и 44.04.01 «Педагогическое образование», профиль «Математика».

Таблица 1

Студенческие исследования по тематике неравенств и выпуклых функций, выполненные на кафедре фундаментальной математики Вятского государственного университета

Table 1

Student research on inequalities and convex functions performed at the Department of Fundamental Mathematics of Vyatka State University

	Период защиты <i>Thesis defense period</i>	
	2016–2018	2019–2021
Количество подготовленных ВКР (в том числе магистерских диссертаций) по тематике неравенств и выпуклых функций <i>Number of graduate research papers prepared (including master's theses) on inequalities and convex functions</i>	4	9
Общее количество студенческих публикаций по тематике неравенств и выпуклых функций <i>Total number of student publications on inequalities and convex functions</i>	7	19
Количество студенческих публикаций по тематике неравенств и выпуклых функций, выполненных в рамках ВКР <i>Number of student publications on the topics of inequalities and convex functions, performed within the framework of graduate research papers</i>	7	15 <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ряд публикаций выполнен студентами младших курсов, поэтому не заявлен в перечень исследований, выполненных в рамках ВКР. Данные работы были посвящены приложениям неравенства Йенсена к решению задач, описанию в терминах средних значений двух величин формулы Помпейю и ее обобщения, а также вопросам конструирования выпуклых функций без обращения к производным, что немаловажно при анализе задач выпуклой оптимизации.

Тематика выпускных работ довольно разнообразна. В них представлены исследования, касающиеся реализации в процессе обучения математике ее межпредметных связей с экологией и биологией, специальные приемы решения уравнений в математической подготовке учащихся на профильном уровне общеобразовательной школы, осмыслены принципы дифференцированной работы учителя математики при изучении понятия производной функции и т. д. В магистерских диссертациях<sup>1</sup> разработаны актуальные проблемы в области математического образования, требующие обращения к неравенствам и выпуклым функциям.

Подчеркнем, что процесс написания ВКР, как правило, сопровождался активной научной деятельностью их авторов. Студенты демонстрировали полученные результаты в виде публикаций, участвовали с докладами на семинарах и конференциях<sup>2</sup> различного уровня. Тематика исследований включала не только изучение свойств различных классов выпуклых функций, их геометрической характеристики и приложений, но и поиск специальных приемов решения уравнений, их внедрение в практику обучения школьников в рамках профильной подготовки и т. д. Заметим, что многие студенческие работы опубликованы в цитируемых журналах: «Вестник Сыктывкарского университета. Серия 1: Математика. Механика. Информатика»<sup>3</sup>, «Математический вестник педвузов и университетов Волго-Вятского региона»<sup>4</sup>, «Математика в школе», что позволяет говорить об их высоком

---

<sup>1</sup> Некоторые их темы: «Дивергентные математические задачи в формировании исследовательских навыков школьников» (Лесникова Т. А., 2016 г.), «Образовательный потенциал гармонически выпуклых функций в профессиональной подготовке будущих учителей математики» (Анфертьева Е. А., 2021 г.), «Формирование исследовательских умений учащихся старшей школы при освоении методов решения уравнений» (Потапова И. Н., 2021 г.).

<sup>2</sup> См., напр., Информационные технологии и прикладная математика: сб. статей Всеросс. науч.-практ. семинара аспирантов и студентов [Электрон. ресурс]. Арзамас: Арзамасский филиал ННГУ, 2019. . Вып. 9. 284 с. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46537460&selid=46538099> (дата обращения: 19.05.2022), где представлено исследование г-выпуклых функций, их свойств и применений, а также Вопросы математики, ее истории и методики преподавания в учебно-исследовательских работах: материалы Всеросс. науч.-практ. конф. студентов матем. факультетов [Электрон. ресурс]. Пермь, 2021. Вып. 14. 158 с. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46583182> (дата обращения: 19.05.2022), в который включены публикации соответствующей тематики пяти участников семинара.

<sup>3</sup> См., напр., Калинин С. И., Леонтьева Н. В. (1/2; 1)-выпуклые функции. Ч. I. Вестник Сыктывкарского университета. Сер. 1: Математика. Механика. Информатика. 2018. Вып. 1 (26). С. 97–104; Ч. II. Вестник Сыктывкарского университета. Серия 1: Математика. Механика. Информатика. 2020. № 3 (36). С. 4–23.

<sup>4</sup> См., напр., Анфертьева Е. А., Калинин С. И. Некоторые свойства гармонически выпуклых и гармонически логарифмически выпуклых функций // Математический вестник педвузов и университетов Волго-Вятского региона. 2017. № 19. С. 28–35; Панкратова Л. В., Протасов Н. С. Различные свойства выпуклых функций в решении одной задачи // Математический вестник Вятского государственного университета. 2021. № 1 (20). С. 12–16.

уровне. С содержанием большинства публикаций можно ознакомиться на сайте научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU.

Фундаментальный характер и прикладной потенциал неравенств нашел отражение в кандидатской диссертации<sup>1</sup> С. И. Тороповой, выполненной в рассматриваемый период времени. Автором спроектирована методическая система обучения математике, следование которой будет обеспечивать студентов, будущих экологов, математическим аппаратом для осуществления их профессиональной деятельности. Один из инструментов в его составе – классические неравенства.

### **Обсуждение результатов**

В ходе проведения исследования мы, по существу, прошли путь, во многом повторяющий историю проявления трансдисциплинарности. Действительно, в самом начале своего приобщения к тематике неравенств и выпуклых функций мы не выходили за рамки обсуждения их математических приложений. Затем, оттолкнувшись от надпредметности понятия неравенства, изучили возможности его локального и глобального фундирования в школьном курсе математики.

В данной связи напомним, что глобальное фундирование решает задачу создания целостного представления о системе профессионально ориентированных знаний, умений, навыков, математических методов и алгоритмов, способствующей формированию устойчивых связей между разнообразными проявлениями некоторого учебного элемента в процессе его теоретического обобщения. Одна из спиралей глобального фундирования была выстроена при изучении неравенства Коши между средним арифметическим и средним геометрическим положительных чисел. Исходным объектом фундирования выступало понятие неравенства. Учащиеся знакомятся с ним еще в начальной школе, а к детальному освоению приступают в 8 классе (тогда же изучают неравенство Коши для двух положительных чисел). Впоследствии, рассматривая метод математической индукции, школьники могут проанализировать соответствующие способы доказательства неравенства Коши для  $n$  ( $n > 2$ ) чисел. В свою очередь, производная и интеграл Римана позволяют взглянуть на данное неравенство как на факт высшей математики, что обеспечивает так называемый «максимальный эффект развертывания» изучаемого понятия. Посредством решения многочисленных задач достигается корреляция с начальным звеном спирали фундирования. Локальное

---

<sup>1</sup>Торопова С. И. Методика реализации профессиональной направленности обучения математике студентов экологических направлений подготовки: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02. Киров, 2019. 258 с.

же фундирование решало практическую задачу соответствия формируемых знаний учебной деятельности школьников.

Эффективная реализация конструкторов глобального и локального фундирования способствовала пониманию системности и многоуровневости процесса обучения, что обусловило нашу позицию о целесообразности спиралевидного, нелинейного выстраивания содержания образования. Отметим, что изучение выпуклых функций в вузе на этапах бакалавриата и магистратуры также хорошо укладывается в эту схему. На первом «витке» спирали прослеживаются следующие переходы: классическое определение выпуклой функции – геометрическая характеристика – свойства выпуклых функций – описание достаточных условий выпуклости в терминах второй производной функции – приложения к решению задач. Выход на новые уровни обусловлен обобщениями понятия выпуклости.

Наряду с изучением разнообразных обобщений классического понятия выпуклости функции результатом нашей деятельности в данном направлении стало выделение выпуклых функций как метапредметного компонента в модели преподавания дисциплины «Неравенства и выпуклые функции» для магистрантов, будущих учителей математики [33]. В цитируемой работе обосновано положение: «связанное с выпуклыми функциями содержание обучения обеспечивает развитие теоретического мышления студентов, их уверенную ориентацию в различных предметных областях, что помогает преодолеть разобщенность фундаментальных знаний, обуславливая целостное восприятие науки и мира и, следовательно, способствуя реализации принципа метапредметности образования» [30, с. 247].

Дальнейший процесс изучения роли выпуклых функций и неравенств позволил рассмотреть их в качестве наполнения вариативных компонент курса математического анализа вуза (см. [29]). Были уточнены аспекты взаимодействия выстроенной модели вариативного обучения с механизмами междисциплинарности и транспрофессионализма, показано, что вариативное обучение в условиях компетентностного подхода и при обязательной самостоятельной научно-исследовательской деятельности обучающихся позволяет управлять их индивидуальными траекториями развития.

Относительно предмета предпринятого исследования заметим следующее. Трансдисциплинарность нельзя считать просто «модным увлечением» ученых и педагогов. Сегодня трансдисциплинарные концепции играют важнейшую роль в согласовании различных сфер науки с помощью системного подхода, рассматривающего образование как целенаправленную человеческую деятельность. При этом математика выступает средством трансдисциплинарной коммуникации. Ее аппарат позволяет описать общенаучный инструментарий для структурирования любого знания. И если

изучение фундаментальных разделов математики позволяет сформировать научную картину мира, определить сознание человека и общества, то современные математические исследования необходимы для формирования мыслительных качеств обучающихся, позволяющих им поступать сообразно постоянно меняющейся реальности.

## **Заключение**

Возвращаясь к вопросам, обозначенным в начале работы, можем сделать следующие выводы:

Трансдисциплинарность как наиболее современная интегративная тенденция занимает одно из центральных мест в современных научных исследованиях. Внедрение трансдисциплинарного подхода в систему высшего образования обеспечивает достижение целей обучения и верный контекст развития компетенций будущих выпускников, способствуя устойчивому поступательному развитию общества.

Предметный анализ содержания вузовских математических курсов позволяет обнаружить понятия, обладающие трансдисциплинарными свойствами. В настоящей работе соответствующие возможности показаны для неравенств и выпуклых функций, являющихся фундаментальными понятиями математического анализа.

Обращение к трансдисциплинарному подходу в практике обучения студентов устанавливает новые рамки образования. Их принципы таковы: важность вовлечения студентов в свое обучение, активная научная деятельность, единство образовательного пространства университетов на национальном (и межнациональном) уровнях. Прежняя же модель организации образовательной деятельности в вузе, предполагающая относительную автономию направлений подготовки студентов и научных отраслей, не может оставаться адекватной.

Многие разделы современной математики, принципиально важные в подготовке учителей математики (в особенности при преподавании в классах физико-математического, информационно-технологического, естественнонаучных профилей), сегодня относятся к трансдисциплинарным. В их числе дискретная математика, математические основы компьютерных наук, нечеткая логика и прочие, лежащие в основе новейших информационных технологий, таких как разработка искусственного интеллекта, инструменты Big Data и др. Это важно в решении злободневной проблемы подготовки (уже со школьной скамьи) будущих IT-специалистов. Статистика свидетельствует: сегодня в российской IT-индустрии наблюдается нехватка кадров от 500 тысяч до миллиона человек. И в ближайшее время ситуация рискует стать только хуже.



Активизация исследований в области математики и совершенствование математического образования сегодня приобретает стратегическое значение. Это, на наш взгляд, обусловлено несколькими причинами:

Математические исследования есть уникальная часть интеллектуального багажа человечества, которая, генерируя и накапливая знания о технике, природе и социуме, обеспечивает не только функционирование большинства современных механизмов и технологий, но и жизнедеятельность общественных структур. При этом большинство людей не задумывается, какими математическими алгоритмами и формулами пользуется, совершая видеозвонок, общаясь в социальных сетях или используя GPS-устройства.

Разработки по многим направлениям математики (например, в математическом моделировании, организации вычислительных экспериментов) наряду с оригинальностью и высоким качеством отличаются сравнительно низкой капиталоемкостью. В контексте запросов технологической сферы такие разработки имеют реальные перспективы скорого выхода на мировой рынок и привлечения мер государственной поддержки.

Математические исследования, реализуемые на базах университетов, можно рассматривать в качестве «мягкой силы», поскольку их результаты не только демонстрируют статус отечественной системы образования, но и позволяют транслировать ее принципы в мировое сообщество. Авторы работы [31] подчеркивают: «Высокие позиции на международном рынке образовательных услуг являются сегодня, пожалуй, главным конкурентным преимуществом – они позволяют привлекать иностранных студентов, которые становятся инструментом продвижения ценностных и нормативных институций того или иного государства в мировое сообщество» [31, с. 35–36].

Настоящая работа развивает и дополняет исследования трансдисциплинарности как современного тренда образования, а его результаты хорошо согласуются с актуальными представлениями о целях математического образования и способах их достижения. Теоретическая значимость проведенного исследования заключается в обосновании целесообразности использования неравенств и выпуклых функций при подготовке будущих учителей математики в контексте трансдисциплинарного подхода, в обогащении теории и методики обучения математике в вузе качественно новым видением потенциала данных понятий. Описание результатов проведенной работы позволяет проследить приемы отражения современного научного содержания соответствующей тематики, условия, средства и предполагаемые результаты педагогического взаимодействия.

Внедрение неравенств и выпуклых функций в процесс подготовки будущих учителей математики в ВятГУ позволило продемонстрировать возможности трансдисциплинарного подхода в развитии мировоззрения сту-

дентов и формировании у них профессионально значимых компетенций. Представленные средства реализации трансдисциплинарного подхода могут быть осмыслены в обучении студентов иных направлений подготовки (например, 01.03.01 «Математика», 02.03.01 «Математика и компьютерные науки», 01.03.04 «Прикладная математика» и др.). В этом нам видится практическая ценность исследования.

Сформулированные выводы одновременно обозначили и перспективы исследования. Одно из направлений дальнейшей работы – поиск новых объектов математического содержания, посредством которых может реализовываться трансдисциплинарный подход. На наш взгляд, в математическом анализе ими могут стать теоремы о среднем значении. Классические разделы анализа (дифференциальное и интегральное исчисление функций) включают спектр теорем о среднем значении, наиболее известными из которых являются теоремы Ролля, Лагранжа, Коши, Флетта, Помпейю, теоремы о среднем для определенного интеграла и др. Их фундаментальная роль не подлежит сомнению, междисциплинарные связи многочисленны. К примеру, формула Лагранжа конечных приращений активно используется не только в математических моделях естественных наук, но и в обосновании численных алгоритмов решения задач. Теорема Помпейю, применяемая к кривым второго порядка, обнаруживает проективные свойства, что может оказаться интересным для специалистов в области начертательной геометрии и инженерного образования. Кроме того, теоремы о среднем обнаруживают тесную связь с теорией неравенств и выпуклыми функциями, позволяя координировать направления научных исследований студентов, стимулируя их вхождение в профессиональное сообщество и мотивируя к продолжению образования. Таким образом, проблематика совершенствования предложенной методики обучения остается открытой и нуждается в регулярном дополнении.

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Тестов В. А. О роли математики в трансдисциплинарном тренде современного образования // Математическое образование в школе и вузе (MathEdu' 2021): материалы X Международной научно-практической конференции (Казань, 22–28 марта 2021 г.). Казань: Изд-во Казанского университета, 2021. С. 205–210. DOI: 10.17853/1994-5639-2021-3-11-34
2. Antsch E. Inter- and transdisciplinary university: A systems approach to education and innovation // Higher Education. 1972. Vol. 1, № 1. Available from: <https://www.jstor.org/stable/4531408> (date of access: 18.03.2022).
3. Judge A. Transdisplinarity-3 as the emergence of patterned experience. Transcending duality as the conceptual equivalent of learning to walk (Part I). Conference Paper. 1st World Congress of Transdisciplinarity. Arrabida, Portugal, November 1994. Available from: <http://www.laetusinpraesens.org/docs/tranpat1.php> (date of access: 18.02.2022).

4. Мокий В. С., Лукьянова Т. А. От дисциплинарности к трансдисциплинарности в понятиях и определениях [Электрон. ресурс] // Universum: Общественные науки: электрон. научн. журн. 2016. № 7 (25). Режим доступа: <http://7universum.com/ru/social/archive/item/3435> (дата обращения: 20.02.2022).

5. Князева Е. Н. Трансдисциплинарные стратегии исследований [Электрон. ресурс] // Вестник Томского государственного педагогического университета. 2011. № 10 С. 193–201. Режим доступа: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_17073565\\_19318826.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_17073565_19318826.pdf) (дата обращения: 18.02.2022).

6. Мокий В. С., Мокий М. С. От дисциплинарности к трансдисциплинарности в федеральных государственных стандартах высшего образования [Электрон. ресурс] // Universum: Общественные науки: электрон. научн. журн. 2016. № 9 (27). Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/ot-disttsiplinarnosti-k-transdisttsiplinarnosti-v-federalnyh-gosudarstvennyh-standartah-vysshego-obrazovaniya> (дата обращения: 02.02.2022).

7. Колесникова И. А. Трансдисциплинарная стратегия исследования непрерывного образования // Непрерывное образование: XXI век. 2014. Вып. 4 (8). DOI: 10.15393/j5.art.2014.2642

8. Konradi S. The transdisciplinary approach in education // Astra Salvensis. 2019. Vol. 7, № 2 (14). P. 113–129. Available from: <https://www.ceeol.com/search/article-detail?id=797797> (date of access: 11.02.2022).

9. Bhada S. V., Canfield C., Wyglinski A. A transdisciplinary socio-technical systems approach: wireless solutions for the digital divide // 15th Annual IEEE International Systems Conference, SysCon 2021: proceedings. 2021. Article number 9447064. DOI: 10.1109/SysCon48628.2021.9447064

10. Hamner M., Söderqvist T. Enhancing transdisciplinary dialogue in curricula development // Ecological Economics. 2001. Vol. 38, Iss. 1. P. 1–5. Available from: [http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921-8009\(01\)00168-9](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921-8009(01)00168-9) (date of access: 04.02.2022).

11. Крежевских О. В. Проектирование системы трансдисциплинарного образования будущих педагогов в вузе // Педагогическое образование в России. 2020. № 6. С. 174–187. DOI: 10.26170/ro20-06-20

12. Жабаков В. Е., Жабакова Т. В., Кравцова А. М. Трансдисциплинарный подход к подготовке будущих педагогов физической культуры: монография [Электрон. ресурс]. Челябинск: Южно-Уральский научный центр РАО, 2020. 243 с. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44561683> (дата обращения: 14.02.2022).

13. Лукьянова Н. А. Междисциплинарность в контексте деятельностного подхода в современной системе обучения иностранным языкам [Электрон. ресурс] // Конструктивные педагогические заметки. 2021. № 9–1 (15). С. 114–125. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44500517> (дата обращения 14.02.2022).

14. Ястребов А. В. Междисциплинарный подход в преподавании математики [Электрон. ресурс] // Ярославский педагогический вестник. 2004. № 3 (40). С. 5–15. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/mezhdistsiplinarnyy-podhod-v-prepodavanii-matematiki> (дата обращения: 02.02.2022).

15. Тестов В. А., Перминов Е. А. Роль математики в трансдисциплинарности содержания современного образования // Образование и наука. 2021. Т. 23. № 3. С. 11–34. DOI: 10.17853/1994-5639-2021-3-11-34

16. Караиванова М. Трансдисциплинарное моделирование как коррекционно-развивающая стратегия в условиях инклюзии // Student Niepełnosprawny. Szkice i Rozprawy. 2021. № 21 (14) С. 67–80. DOI: 10.34739/sn.2021.21.05

17. Tortoriello F. S., Veronesi I. Internet of things to protect the environment: a technological transdisciplinary project to develop mathematics with ethical effects // *Soft Computing – A Fusion of Foundations, Methodologies and Applications*. 2021. Т. 25, № 13. P. 8159–8168. DOI: 10.1007/s00500-021-05737-x

18. Хвостова К. В. Трансдисциплинарность в историческом знании [Электрон. ресурс] // *Диалог со временем*. 2018. Вып. 62. Режим доступа: <https://roii.ru/r/1/62.1> (дата обращения: 26.02.2022).

19. Сенашенко В. С. Междисциплинарность образования как отражение междисциплинарности окружающего мира на любых уровнях его организации [Электрон. ресурс] // *Управление устойчивым развитием*. 2016. № 3 (04). С. 79–85. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26465406> (дата обращения 02.02.2022).

20. Кнященко Л. П. Событие. Личность. Время (К философии трансдисциплинарности) [Электрон. ресурс]. Москва: Институт философии РАН, 2017. 113 с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32635277> (дата обращения: 12.01.2022).

21. Федулова М. А., Гузанов Б. Н., Федулова К. А. Трансдисциплинарность в методологии подготовки студентов профессионально-педагогического вуза [Электрон. ресурс] // *Проблемы современного педагогического образования*. 2021. № 72–3. С. 335–338. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47479819> (дата обращения 14.02.2022).

22. Baloch I. A., Dragomir S. S. New inequalities based on harmonic log-convex functions // *Open Journal of Mathematical Analysis*. 2019. № 3. P. 103–105. DOI: 10.30538/prsrp-oma2019.0043

23. Dragomir S. S. Inequalities of Hermite-Hadamard type for Hg-convex functions // *Issues of Analysis*. 2017. Vol. 6 (24), № 2. P. 25–41. DOI: 10.15393/j3.art.2017.3790

24. Zhao Y. X., Wang S. Y., Coladas Uria L. Characterizations of  $\eta$ -Convex Functions // *Journal of Optimization Theory and Applications*. 2010. №145. P. 186–195. DOI: 10.1007/s10957-009-9617-1

25. Воронцова Е. А., Хильдебранд Р. Ф., Гасников А. В., Стонякин Ф. С. Выпуклая оптимизация: учебное пособие [Электрон. ресурс]. Москва: МФТИ, 2021. 364 с. Режим доступа: <https://arxiv.org/pdf/2106.01946.pdf> (дата обращения: 08.02.2022).

26. Певный А. Б., Ситник С. М. Средние Джини [Электрон. ресурс] // *Математическое просвещение*. 2016. Вып. 20. С. 135–142. Режим доступа: <http://www.mathnet.ru/links/2f46f3e7105d36fda4bbd984b09632e3/mp863.pdf> (дата обращения: 28.02.2022).

27. Недошивина А. И., Ситник С. М. Приложения геометрических алгоритмов локализации точки на плоскости к моделированию и сжатию информации в задачах видеонаблюдений [Электрон. ресурс] // *Вестник Воронежского технического университета*. 2013. Т. 9, № 4. С. 108–111. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/prilozheniya-geometricheskih-algoritmov-lokalizatsii-tochki-na-ploskosti-k-modelirovaniyu-i-szhatiyu-informatsii-v-zadachah/viewer> (дата обращения: 03.03.2022).

28. Плотников П. В., Кривулин Н. К. Прямое решение минимаксной задачи размещения в прямоугольной области на плоскости с прямоугольной метрикой // *Вестник Санкт-Петербургского университета. Прикладная математика. Информатика. Процессы управления*. 2018. Т. 14, Вып. 2. С. 116–130. DOI: 10.21638/11702/spbu10.2018.204

29. Калинин С. И., Панкратова Л. В. Вариативные компоненты вузовского курса математического анализа: опыт внедрения в практику обучения // *Образование и наука*. 2020. Т. 22, № 1. С. 113–145. DOI: 10.17853/1994-5639-2020-1-113-145

30. Калинин С. И., Панкратова Л. В. Выпуклые функции как метапредметная составляющая математической подготовки магистрантов педагогического образова-

ния // Перспективы науки и образования. 2018. № 5 (35). С. 240–251. DOI: 10.32744/pse.2018.5.27

31. Антонова Н. Л., Сущенко А. Д., Попова Н. Г. «Мягкая сила» высшего образования как фактор мирового лидерства // Образование и наука. 2020. Т. 22, № 1. С. 31–58. DOI: 10.17853/1994-5639-2020-1-31-58

## References

1. Testov V. A. On the role of mathematics in the transdisciplinary trend of modern education. In: *Mathematical Education at School and University (MathEdu' 2021). Materials of All-Russian Scientific Practical Conference; 2021*; Kazan. Kazan: Kazan University; 2021. p. 205–210. DOI: 10.17853/1994-5639-2021-3-11-34 (In Russ.)
2. Antsch E. Inter- and transdisciplinary university: A systems approach to education and innovation. *Higher Education* [Internet]. 1972 [cited 2022 Mar 18]; 1 (1). Available from: <https://www.jstor.org/stable/4531408>
3. Judge A. Transdisciplinarity-3 as the emergence of patterned experience. Transcending duality as the conceptual equivalent of learning to walk (Part I). Conference Paper. In: *1<sup>st</sup> World Congress of Transdisciplinarity* [Internet]; 1994 Nov; Arrabida, Portugal. Arrabida, Portugal; 1994 [cited 2022 Feb 18]. Available from: <http://www.laetusinpraesens.org/docs/tranpat1.php>
4. Mokij V. S., Lukjanova T. A. From discipline to transdisciplinarity in concepts and definitions. *Universum: Obshchestvennyye nauki = Universum: Social Sciences* [Internet]. 2016 [cited 2022 Feb 20]; 25 (7). Available from: <http://7universum.com/ru/social/archive/item/3435> (In Russ.)
5. Knyazeva E. N. Transdisciplinary research strategies. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta = Tomsk State Pedagogical University Bulletin* [Internet]. 2011 [cited 2022 Feb 18]; 10. Available from: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_17073565\\_19318826.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_17073565_19318826.pdf) (In Russ.)
6. Mokij V. S., Mokij M. S. From discipline to transdisciplinarity in federal state standards of higher education. *Universum: Obshchestvennyye nauki = Universum: Social Sciences* [Internet]. 2016 [cited 2022 Feb 02]; 27 (9). Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/ot-distiplinarnosti-k-transdistiplinarnosti-v-federalnyh-gosudarstvennyh-standartah-vysshego-obrazovaniya> (In Russ.)
7. Kolesnikova I. A. Transdisciplinary strategy of lifelong education research. *Nepreryvnoe obrazovanie: XXI vek = Lifelong Education: The 21<sup>st</sup> century*. 2014; 4 (8). DOI: 10.15393/j5.art.2014.2642 (In Russ.)
8. Konradi S. The transdisciplinary approach in education. *Astra Salvensis* [Internet]. 2019 [cited 2022 Feb 11]; Vol. 7, № 2 (14): 113–129. Available from: <https://www.ceool.com/search/article-detail?pid=797797>
9. Bhada S. V., Canfield C., Wyglinski A. A transdisciplinary socio-technical systems approach: Wireless solutions for the digital divide. In: *15<sup>th</sup> Annual IEEE International Systems Conference, SysCon; 2021 Apr 15–May 15; Vancouver, BC, Canada. IEEE; 2021*. Article number 9447064. p. 1–5. DOI: 10.1109/SysCon48628.2021.9447064
10. Hammer M., Söderqvist T. Enhancing transdisciplinary dialogue in curricula development. *Ecological Economics* [Internet]. 2001 [cited 2022 Feb 04]; 38 (1): 1–5. Available from: [http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921-8009\(01\)00168-9](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921-8009(01)00168-9)

11. Krezhevskih O. V. Design of a system of transdisciplinary education of future teachers at the university. *Pedagogicheskoe obrazovanie v Rossii = Pedagogical Education in Russia*. 2020; 6: 174–187. DOI: 10.26170/po20-06-20 (In Russ.)

12. Zhabakov V. E., Zhabakova T. V., Kravcova L. M. Transdisciplinarnyj podhod k podgotovke budushchih pedagogov fizicheskoj kul'tury = Transdisciplinary approach to the preparation of future teachers of physical culture [Internet]. Chelyabinsk: South Ural Scientific Center of the Russian Academy of Education; 2020 [cited 2022 Feb 14]. 243 p. Available from: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44561683> (In Russ.)

13. Lukjanova N. A. Interdisciplinary approach in modern foreign language education. *Konstruktivnye pedagogicheskie zametki = Constructive Pedagogical Notes* [Internet]. 2021 [cited 2022 Feb 14]; 15 (9–1): 114–125. Available from: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44500517> (In Russ.)

14. Yastrebov A. V. Interdisciplinary approach in teaching mathematics. *Jaroslavskij pedagogicheskij vestnik = Yaroslavl Pedagogical Bulletin* [Internet]. 2004 [cited 2022 Feb 02]; 40 (3): 5–15. Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/mezhdistsiplinarnyy-podhod-v-prepodavanii-matematiki> (In Russ.)

15. Testov V. A., Perminov E. A. The role of mathematics in transdisciplinarity content of modern education. *Obrazovanie i nauka = The Education and Science Journal*. 2021; 23 (3): 11–34. DOI: 10.17853/1994-5639-2021-3-11-34 (In Russ.)

16. Karaivanova M. Transdisciplinary modeling as a correctional and developmental strategy in the conditions of inclusion. *STUDENT NIEPELNOSPRAWNY. Szkice i Rozprawy*. 2021; 21 (14): 67–80. DOI: 10.34739/sn.2021.21.05 (In Russ.)

17. Tortoriello F. S., Veronesi I. Internet of things to protect the environment: A technological transdisciplinary project to develop mathematics with ethical effects. *Soft Computing – A Fusion of Foundations, Methodologies and Applications*. 2021; 25 (13): 8159–8168. DOI: 10.1007/s00500-021-05737-x

18. Khvostova K. V. Transdisciplinarity in historical knowledge. *Dialog so vremenem = Dialogue with Time* [Internet]. 2018 [cited 2022 Feb 26]; 62. Available from: <https://roii.ru/r/1/62.1> (In Russ.)

19. Senashenko V. S. Interdisciplinarity of education as reflection of interdisciplinarity essence of the world at any levels of its organization. *Upravljenie ustojchivym razvitiem = Managing Sustainable Development* [Internet]. 2016 [cited 2022 Feb 02]; 4 (3): 79–85. Available from: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26465406> (In Russ.)

20. Kiyashchenko L. P. Sobytie. Lichnost'. Vremya (K filosofii transdisciplinarnosti) = Event. Personality. Time (To the philosophy of transdisciplinarity) [Internet]. Moscow: Institute of Philosophy, Russian Academy of Sciences; 2017 [cited 2022 Jan 12]. 113 p. Available from: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32635277> (In Russ.)

21. Fedulova M. A., Guzanov B. N., Fedulova K. A. Transdisciplinary in the methodology of training of students of vocational and pedagogical university. *Problemy sovremennoego pedagogicheskogo obrazovaniya = Problems of Modern Pedagogical Education* [Internet]. 2021 [cited 2022 Jan 12]; 72–3: 335–338. Available from: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47479819> (In Russ.)

22. Baloch I. A., Dragomir S. S. New inequalities based on harmonic log-convex functions. *Open Journal of Mathematical Analysis*. 2019; 3: 103–105. DOI: 10.30538/psrp-oma2019.0043

23. Dragomir S. S. Inequalities of Hermite-Hadamard type for HG-convex functions. *Issues of Analysis*. 2017; 6 (24), № 2: 25–41. DOI: 10.15393/j3.art.2017.3790

24. Zhao Y. X., Wang S. Y., Coladas Uria L. Characterizations of  $r$ -Convex Functions. *Journal of Optimization Theory and Applications*. 2010; 145: 186–195. DOI: 10.1007/s10957-009-9617-1
25. Voroncova E. A., Hildebrand R. F., Gasnikov A. V., Stonyakin F. S. Vypuklaya optimizaciya = Convex optimisation [Internet]. Moscow: Moscow Physics and Technology University; 2021 [cited 2022 Feb 08]. 364 p. Available from: <https://arxiv.org/pdf/2106.01946.pdf> (In Russ.)
26. Pevnyj A. B., Sitnik S. M. Middle Genies. *Matematicheskoe prosveshchenie = Mathematical Enlightenment* [Internet]. 2016 [cited 2022 Feb 28]; 20: 135–142. Available from: <http://www.mathnet.ru/links/2f46f3e7105d36fda4bbd984b09632e3/mp863.pdf> (In Russ.)
27. Nedoshivina A. I., Sitnik S. M. On application of geometric algorithms for point localization on the plane to modeling and information compression in problems concerning video images. *Vestnik Voronezhskogo tekhnicheskogo universiteta = Bulletin of Voronezh State Technical University* [Internet]. 2013 [cited 2022 Mar 03]; 9 (4): 108–111. Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/prilozheniya-geometricheskikh-algoritmov-lokalizatsii-tochki-na-ploskosti-k-modelirovaniyu-i-szhatiyu-informatsii-v-zadachah/viewer> (In Russ.)
28. Plotnikov P. V., Krivulin N. K. Direct solution of a minimax location problem on the plane with rectilinear metric in a rectangular area. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Prikladnaya matematika. Informatika. Processy upravleniya = Vestnik of Saint Petersburg University. Applied Mathematics. Computer Science. Control Processes*. 2018; 14 (2): 116–130. DOI: 10.21638/11702/spbu10.2018.204 (In Russ.)
29. Kalinin S. I., Pankratova L. V. Variative components of the university course of mathematical analysis: The experience of introduction into the practice of teaching. *Obrazovanie i nauka = The Education and Science Journal*. 2020; 22 (1): 113–145. DOI: 10.17853/1994-5639-2020-1-113-145 (In Russ.)
30. Kalinin S. I., Pankratova L. V. Convex functions as a meta-subject component of mathematical preparation of masters of pedagogical education. *Perspektivy nauki i obrazovaniya = Perspectives of Science and Education*. 2018; 35 (5): 240–251. DOI: 10.32744/pse.2018.5.27 (In Russ.)
31. Antonova N. L., Sushchenko A. D., Popova N. G. Soft power of higher education as a global leadership factor. *Obrazovanie i nauka = The Education and Science Journal*. 2020; 22 (1): 31–58. DOI: 10.17853/1994-5639-2020-1-31-58 (In Russ.)

**Информация об авторах:**

**Калинин Сергей Иванович** – доктор педагогических наук, профессор, профессор кафедры фундаментальной математики Вятского государственного университета; ORCID 0000-0001-5439-9414; Киров, Россия. E-mail: [kalinin\\_gu@mail.ru](mailto:kalinin_gu@mail.ru)

**Панкратова Лариса Валерьевна** – кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры фундаментальной математики Вятского государственного университета; ORCID 0000-0002-1242-3807; Киров, Россия. E-mail: [pankratovalarisa19@ Rambler.ru](mailto:pankratovalarisa19@ Rambler.ru)

**Вклад соавторов:**

С. И. Калинин – концепция исследования, осуществление научного руководства, критический анализ и доработка текста.

Л. В. Панкратова – сбор информационной базы, участие в обсуждении, подготовка первоначального варианта статьи, визуализация данных в тексте.

**Информация о конфликте интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 11.03.2022, поступила после рецензирования 21.09.2022, принята к публикации 05.10.2022.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

**Information about the authors:**

**Sergey I. Kalinin** – Dr. Sci. (Education), Professor, Department of Fundamental Mathematics, Vyatka State University; ORCID 0000-0001-5439-9414; Kirov, Russia. E-mail: kalinin\_gu@mail.ru

**Larisa V. Pankratova** – Cand. Sci. (Education), Associate Professor, Department of Fundamental Mathematics, Vyatka State University; ORCID 0000-0002-1242-3807; Kirov, Russia. E-mail: pankratovalarisa19@rambler.ru

**Contribution of the authors:**

S. I. Kalinin – the concept of research, implementation of scientific guidance, critical analysis and revision of the text.

L. V. Pankratova – collection of information base, participation in the discussion, preparation of the initial version of the article, data visualisation in the text.

**Conflict of interest statement.** The authors declare that there is no conflict of interest.

The authors have read and approved the final manuscript.

Received 11.03.2022; revised 21.09.2022; accepted for publication 05.10.2022.