

Научная статья

Original article

УДК 330.43

doi: 10.55186/2413046X_2025_10_9_220

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ИНСТРУМЕНТЫ СТАТИСТИЧЕСКОГО
АНАЛИЗА ВОСПОЛНЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ
MATHEMATICAL TOOLS FOR STATISTICAL ANALYSIS OF
ENGINEERING RECRUITMENT**



Чекалкин Николай Степанович, к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедры высшей математики – 3, ИПТИП, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет»

Соколаева Надежда Николаевна, старший преподаватель, ПМГМУ им. И.М.Сеченова, Институт иностранных языков в профессиональной сфере

Гельмиярова Виктория Николаевна, к.т.н., доцент кафедры Высшей Математики - 3, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет»

Морозова Татьяна Анатольевна, старший преподаватель кафедры высшей математики – 3, ИПТИП, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет»

Chekalkin Nikolaj Stepanovich, PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Higher Mathematics – 3, IPTIP, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "MIREA – Russian Technological University"

Sokolaeva Nadezhda Nikolaevna, Senior Lecturer, Sechenov First Moscow State Medical University, Institute of Foreign Languages in the Professional Field

Gelmiyarova Viktoriya Nikolaevna, PhD, Associate Professor of the Department of Higher Mathematics - 3, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "MIREA - Russian Technological University"

Morozova Tatyana Anatolevna, Senior Lecturer at the Department of Higher Mathematics – 3, IPTIP, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "MIREA – Russian Technological University"

Аннотация. В статье представлен статистический и аналитический обзор перспектив обеспечения предприятий инженерными кадрами на основе данных о выпускниках школ и результатах ЕГЭ. Цель исследования заключается в анализе общего потенциала для увеличения объёмов подготовки специалистов инженерного профиля, а также в выявлении тенденций на этапе общеобразовательной подготовки абитуриентов по ключевым дисциплинам, необходимым для инженерного образования. В работе рассматриваются закономерности и тренды на основе выборочных данных выпускников 9-х и 11-х классов за период с 2017 по 2025 год. Задачи включают обработку выборочных совокупностей, анализ выбираемости предметов ЕГЭ, распределение абитуриентов по дисциплинам в контексте потенциального восполнения инженерных кадров за 2019–2024 годы, а также преодоление минимальных пороговых баллов для поступления в вузы. В исследовании использованы методы подготовки и очистки данных, обработки выборочных совокупностей с построением вариационных рядов, определения выборочных долей, метод гистограмм для визуализации, корреляционный и регрессионный анализ. Анализ результатов ЕГЭ проведён с учётом преодоления/непреодоления минимального порога, установленного Минобрнауки России для подведомственных вузов. По результатам анализа выявлены нисходящие тренды в перспективе восполнения инженерных кадров, связанные со снижением качества школьной подготовки.

Установлена закономерность уменьшения числа сдающих ЕГЭ по физике при одновременном, но непропорциональном росте аналогичного показателя по информатике в части преодоления минимального порога. Выявлен абсолютный минимум результатов ЕГЭ по многим критически важным для инженерного образования предметам в 2023 году. Рост числа бюджетных мест на инженерные направления не приводит к повышению их популярности. Такие явления, как недобор, особенно в 2023 году, когда проблемы с приёмом возникли даже в ряде столичных вузов, стали обыденностью на фоне снижения качества подготовки абитуриентов.

Abstract. The article presents a statistical and analytical overview of the prospects for providing enterprises with engineering personnel based on data on school graduates and USE results. The purpose of the study is to analyze the overall potential for increasing the volume of training of engineering specialists, as well as to identify trends at the stage of general education training of applicants in key disciplines necessary for engineering education. The paper examines patterns and trends based on sample data from 9th and 11th grade graduates for the period from 2017 to 2025. The tasks include the processing of sample populations, the analysis of the choice of subjects of the Unified State Exam, the distribution of applicants by discipline in the context of the potential replenishment of engineering personnel for 2019-2024, as well as overcoming the minimum threshold points for admission to universities. The research uses methods of data preparation and purification, processing of sample populations with the construction of variation series, determination of sample fractions, the method of histograms for visualization, correlation and regression analysis. The analysis of the results of the Unified State Exam was carried out taking into account the overcoming/non-overcoming of the minimum threshold set by the Ministry of Education and Science of the Russian Federation for subordinate universities. According to the results of the analysis, downward trends have been identified in the prospect of replenishing engineering personnel associated with a decrease in the quality of school education. A pattern

has been established for a decrease in the number of exam takers in physics with a simultaneous but disproportionate increase in a similar indicator in computer science in terms of overcoming the minimum threshold. The absolute minimum of the Unified State Exam results in many subjects critical for engineering education in 2023 has been revealed. An increase in the number of budget places in engineering fields does not lead to an increase in their popularity. Such phenomena as shortages, especially in 2023, when problems with admission arose even in a number of metropolitan universities, have become commonplace against the background of a decrease in the quality of applicants' training.

Ключевые слова: статистический анализ, математический инструментарий, выборочный анализ, разведочный анализ, статистика

Keywords: statistical analysis, mathematical tools, sampling analysis, exploratory analysis, statistics

Введение

В современных геополитических и экономических условиях решение задачи кадрового обеспечения инженерного корпуса приобретает характер стратегического национального приоритета, непосредственно влияющего на достижение технологического суверенитета страны. Критическая значимость данной проблемы обусловлена возрастающими потребностями высокотехнологичных секторов экономики, включая оборонно-промышленный комплекс, где дефицит квалифицированных инженерных специалистов может создавать системные риски для обеспечения национальной безопасности [1].

Фундамент будущей инженерной компетенции формируется на этапе общего образования, где закладывается базовая система знаний по ключевым дисциплинам естественно-научного цикла. Качество школьной подготовки по математике, физике, информатике и химии становится определяющим фактором для последующего успешного освоения инженерных программ высшего образования. При этом наблюдается тревожная тенденция снижения

интереса школьников к углубленному изучению точных наук, что требует разработки комплексных профориентационных программ и модернизации методик преподавания.

Масштаб проблемы иллюстрируется статистическими данными: по состоянию на 2023 год общее количество вакансий в инженерной сфере превысило 574 тысячи позиций [2, 3]. В ответ на этот вызов государством реализуется комплекс мер нормативно-правового и финансового характера, направленных на стимулирование развития инженерного образования. Однако, как показывает практика, увеличение количества бюджетных мест в технических вузах (наблюдаемое с 2020 года [9]) не привело к кардинальному решению проблемы кадрового дефицита в промышленных регионах [8].

Сложившаяся ситуация свидетельствует о наличии глубинных системных проблем, включающих:

- недостаточный уровень школьной подготовки по профильным дисциплинам;
- снижение престижа инженерных профессий в молодежной среде;
- дисбаланс между теоретической подготовкой и практическими требованиями промышленности;
- недостаточную интеграцию образовательных учреждений с реальным сектором экономики.

Для преодоления этих вызовов требуется реализация скоординированной политики, сочетающей меры по модернизации образовательных стандартов, развитию системы непрерывного инженерного образования и созданию эффективных механизмов взаимодействия между вузами и промышленными предприятиями.

1. Прогнозирование результатов

Для оценки перспективных показателей государственного экзамена по дисциплинам, определяющим подготовку к инженерному образованию

(математика профильного уровня и физика), применяется регрессионное моделирование. Статистическая зависимость выражается уравнением $\hat{y} = ax + b$.

Для количественной оценки степени взаимосвязи между переменными вычисляется коэффициент корреляции.

Расчет коэффициентов a (угол наклона) и b (свободный член) осуществляется методом наименьших квадратов (МНК) через решение системы нормальных уравнений:

$$\begin{cases} n \cdot b + a \sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n y_i, \\ b \sum_{i=1}^n x_i + a \sum_{i=1}^n x_i^2 = \sum_{i=1}^n x_i \cdot y_i. \end{cases}$$

Данная методика обеспечивает нахождение оптимальных параметров модели, минимизирующих расхождения между фактическими и расчетными значениями.

Для проверки статистической значимости построенной зависимости анализируются:

1. Детерминационный коэффициент R^2 , отражающий долю объясненной вариации;
2. Стандартная погрешность прогнозирования;
3. Значимость коэффициентов регрессии через t-критерий;
4. Доверительные границы для параметров уравнения.

Разработанный инструментарий позволяет осуществлять не только прогноз количественных показателей преодоления минимального порога, но и проводить сравнительный анализ динамики подготовки абитуриентов по естественно-научным дисциплинам, критически важным для инженерного образования.

Расчет коэффициентов уравнения регрессии осуществляется через решение системы нормальных уравнений, основанной на принципе минимизации квадратов отклонений:

$$\begin{cases} n \cdot b + a \sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n y_i, \\ b \sum_{i=1}^n x_i + a \sum_{i=1}^n x_i^2 = \sum_{i=1}^n x_i \cdot y_i. \end{cases}$$

Из этого следует парный коэффициент корреляции возможно определить следующим образом:

$$r_{xy} = \frac{\overline{x \cdot y} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\sqrt{\overline{x^2} - \bar{x}^2} \cdot \sqrt{\overline{y^2} - \bar{y}^2}}.$$

Проведенное регрессионное моделирование позволило получить статистически значимые зависимости для прогнозирования результатов государственной аттестации. Для профильной математики установлено уравнение: $\hat{y} = 0,782x + 52$, с коэффициентом корреляции $r = 0,896$, что свидетельствует о существенной взаимосвязи переменных. При сохранении текущей доли выбравших данный экзамен (51,9%) прогнозируемая численность участников в 2025 году достигнет 2210 человек, из которых порядка 1780 преодолют минимальный порог.

Анализ данных по физике выявил более выраженную зависимость $\hat{y} = 0,981x - 81$ ($r = 0,937$). При доле участия 19,8% ожидается 842 экзаменуемых, с прогнозируемым количеством успешно сдавших на уровне 744 человек.

Наблюдаемая динамика вызывает серьезную озабоченность: несмотря на рост популярности информатики, качественная подготовка абитуриентов по естественно-научным дисциплинам демонстрирует отрицательную динамику. Снижение среднего балла по физике [1] в сочетании с уменьшением доли ее сдающих создает системные риски для формирования контингента технических специальностей.

Сложившаяся ситуация актуализирует необходимость разработки комплекса мер, включая:

- совершенствование методик преподавания физико-математических дисциплин;
- развитие системы профильной подготовки в школах;
- усиление профориентационной работы среди учащихся.

Полученные прогнозные значения свидетельствуют о сохранении негативных тенденций, что требует незамедлительного вмешательства на системном уровне для обеспечения воспроизводства инженерных кадров.

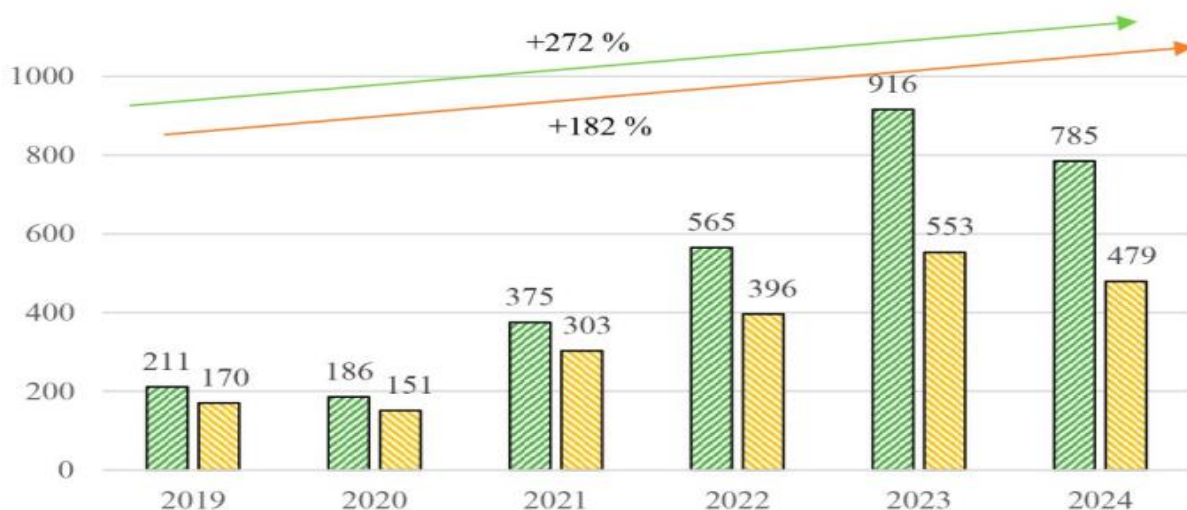


Рисунок 1 – Количество выпускников, набравших более 44 баллов

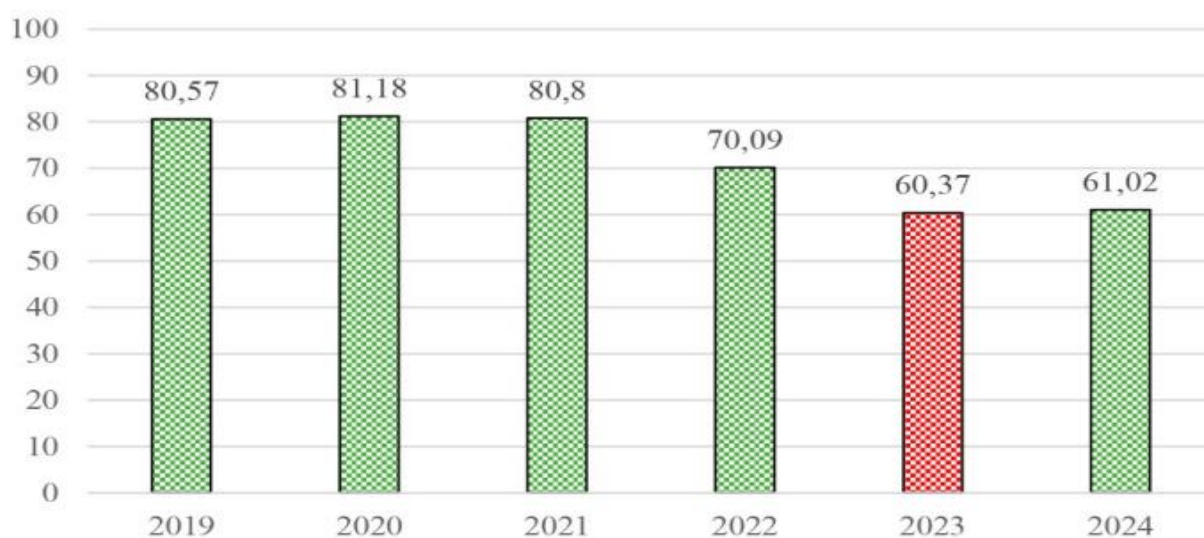


Рисунок 2 – Доля выпускников, набравших более 40 баллов

2. Методологические основы формирования результатов

Реформа системы приема в высшие учебные заведения, инициированная в 2021 году, внесла существенные коррективы в перечень вступительных испытаний для абитуриентов инженерных специальностей. В соответствии с обновленными требованиями, поступающие получили право альтернативного выбора между экзаменами по физике и информатике, а для отдельных направлений - также по химии. Несмотря на декларируемую цель демократизации доступа к техническому образованию, реализация нововведений выявила ряд системных проблем в естественно-научной подготовке учащихся.

Мониторинг динамики предпочтений выпускников выявил тревожную тенденцию: за пятилетний период (2019-2024 гг.) доля сдающих физику сократилась на 40%. Данный показатель отражает не только изменение образовательных траекторий абитуриентов, но и глубинный кризис в системе преподавания физических дисциплин. Рост числа выбирающих информатику (приблизительно +300 человек) не компенсирует сокращение контингента по физике (-500 человек), а низкий процент преодоления минимального порога по информатике свидетельствует о недостаточной эффективности такой замены.

Системный характер проблем подтверждается негативной динамикой даже по традиционно популярным гуманитарным дисциплинам. Так, по общественному знанию зафиксировано снижение на 35,4% числа учащихся, преодолевающих 45-балльный рубеж, что указывает на общеобразовательный кризис.

В качестве контрмеры ведущие технические вузы реализуют программы поддержки школьного образования. Успешным кейсом является создание физико-математических школ при университетах, предлагающих углубленную подготовку по ключевым дисциплинам. Статистика проекта

демонстрирует его востребованность: за три года количество партнерских школ превысило 80, а контингент обучающихся вырос до 1525 человек.

Инновационный формат подготовки сочетает классические методики преподавания с современными digital-технологиями. Уникальность модели заключается в интеграции школьных и университетских педагогов, что обеспечивает преемственность образовательных стандартов. Практико-ориентированный компонент включает занятия в специализированных лабораториях, знакомящих учащихся с реальными инженерными задачами.

Перспективы развития инженерного образования связаны с масштабированием успешных практик взаимодействия между образовательными уровнями. Ключевыми направлениями должны стать:

- создание сетевых образовательных программ
- внедрение цифровых симуляторов и виртуальных лабораторий
- развитие системы ранней профориентации
- формирование непрерывной траектории «школа-вуз-предприятие».

Реализация предложенных мер будет способствовать преодолению системного кризиса и обеспечению воспроизводства инженерных кадров необходимой квалификации.

Заключение

Проведенное лонгитюдное исследование образовательных траекторий выпускников 9-х и 11-х классов за период 2019-2024 годов выявило устойчивую негативную динамику в качестве подготовки абитуриентов. Парадоксальным образом наблюдаемое с 2020 года значительное увеличение бюджетных мест по инженерным специальностям сопровождается системным снижением уровня естественно-научной подготовки школьников. Данный дисбаланс обусловлен комплексом факторов, ключевым из которых является дефицит квалифицированных педагогических кадров в области физико-математических дисциплин [20]. Следствием этой ситуации становится не только сокращение контингента потенциальных абитуриентов

технических вузов, но и реальная угроза критического снижения кадрового потенциала инженерной отрасли в среднесрочной перспективе.

Особую озабоченность вызывает масштабирование проблемы на федеральном уровне - в 2023 году difficulties с комплектованием студенческих групп возникли не только в региональных, но и в ведущих столичных университетах. В ответ на системный кризис были разработаны оперативные меры государственного регулирования. Институализация возможности однократной пересдачи ЕГЭ по одному предмету. Адаптация уровня сложности контрольно-измерительных материалов. Принятие Комплексного плана модернизации естественно-математического образования до 2030 года.

Актуальной проблемой остается содержательное качество подготовки. Либерализация требований к ЕГЭ, обеспечивая формальное выполнение нормативов, не решает проблему фундаментальных знаний. Высшие учебные заведения вынуждены компенсировать школьные дефициты через систему корректирующих курсов [2], что снижает эффективность освоения основных профессиональных программ.

Прогнозные расчеты на 2025 год подтверждают сохранение кризисной тенденции:

- математика профильный уровень: ≈ 1823 человека преодолеют минимальный порог;
- физика: ≈ 779 успешно сдавших экзамен.

Полученные данные свидетельствуют о необходимости реализации срочных мер по структурной модернизации системы естественно-научного образования, включая разработку целевых программ подготовки педагогических кадров, создание федеральной сети специализированных STEM-центров, внедрение персонифицированных траекторий обучения, развитие системы ранней профессионализации.

Реализация предложенных мер требует консолидированных усилий образовательных институтов, органов управления и бизнес-сообщества для обеспечения технологического суверенитета страны.

Список источников

1. Пацей Н. В., Шиман Д. В., Наркевич А. С., Сухорукова И. Г. Методы очистки и подготовки информации для решения задач интеллектуального анализа // Интеграция и развитие научно-технического и образовательного сотрудничества – взгляд в будущее : сб. ст. II Междунар. науч.-техн. конф. «Минские научные чтения – 2019» (г. Минск, 11–12 декабря 2019 г.) : в 3 т. Минск : БГТУ, 2020. Т. 3. С. 136–138.
2. Кулаичев А. П. Методы и средства комплексного статистического анализа данных : учеб. пособие. 5-е изд., перераб. и доп. М. : ИНФРА-М, 2025. 484 с. (Высшее образование) doi: 10.12737/25093
3. Хруничев Р. В. Прикладные статистические методы анализа : учеб. пособие. Рязань : Рязан. гос. радиотехн. ун-т, 2023. 80 с.
4. Солонин С. И. Метод гистограмм : учеб. пособие. Екатеринбург : ЦНОТ ИТОО УрФУ, 2014. 97 с.
5. Астафьев, Р. У. Основные подходы к формированию математических и имитационных моделей на основе баз знаний в разработке программного обеспечения / Р. У. Астафьев // Computational Nanotechnology. – 2024. – Т. 11, № S5. – С. 142-151. – DOI 10.33693/2313-223X-2024-11-5-142-151. – EDN CCLNZK.
6. Астафьев, Р. У. Подходы к анализу качества электронных образовательных сред / Р. У. Астафьев // Индустриальное программирование - 2024 : сборник докладов международной научно-практической конференции, Москва, 04–05 апреля 2024 года. – Москва: МИРЭА - Российский технологический университет, 2024. – С. 14-15. – EDN LBZNOP.
7. Сидоров, А. А. Формулы вычисления рациональных интегралов для

некратных корней / А. А. Сидоров // Инновационные технологии в электронике и приборостроении : сборник докладов Российской научно-технической конференции с международным участием Физико-технологического института РТУ МИРЭА, Москва, 16–17 апреля 2020 года. Том 1. – Москва: МИРЭА - Российский технологический университет, 2020. – С. 294-297. – EDN HJEC5V.

8. Сидоров, А. А. Формулы вычисления рациональных интегралов для некратных корней. Часть 2 / А. А. Сидоров // Инновационные технологии в электронике и приборостроении : сборник докладов Российской научно-технической конференции с международным участием Физико-технологического института РТУ МИРЭА, Москва, 16–17 апреля 2020 года. Том 1. – Москва: МИРЭА - Российский технологический университет, 2020. – С. 298-301. – EDN TLYSRZ.

9. SIDOROV Andrei, 2024, THE IMPACT OF ANNOUNCEMENTS ON CRYPTOCURRENCY PRICES, Revista Economică, Lucian Blaga University of Sibiu, Faculty of Economic Sciences, vol.76(4), pages 69-94, December. DOI: <https://doi.org/10.56043/reveco-2024-0035>

10. Сидоров, А. А. Вопросы нахождения формул сумм степенных рядов натуральных чисел в курсе линейной алгебры для студентов технических вузов / А. А. Сидоров // Перспективные материалы и технологии (ПМТ-2025) : Сборник докладов Национальной научно-технической конференции с международным участием, Москва, 07–12 апреля 2025 года. – Москва: МИРЭА - Российский технологический университет, 2025. – С. 1444-1454. – EDN IKYSTV

11. Отдельные аспекты применения универсальной тригонометрической подстановки / О. Р. Параскевопуло, В. Н. Гельмиярова, О. Ю. Козлова, А. А. Сидоров // Перспективные материалы и технологии (ПМТ-2025) : Сборник докладов Национальной научно-технической конференции с международным участием, Москва, 07–12 апреля 2025 года. – Москва:

References

1. Pacej N. V., Shiman D. V., Narkevich A. S., Suxorukova I. G. Metody` ochistki i podgotovki informacii dlya resheniya zadach intellektual`nogo analiza // Inte- graciya i razvitie nauchno-texnicheskogo i obrazovatel`nogo sotrudnichestva – vzglyad v budushhee : sb. st. II Mezhdunar. nauch.-texn. konf. «Minskie nauchny`e chteniya – 2019» (g. Minsk, 11–12 dekabrya 2019 g.) : v 3 t. Minsk : BGTU, 2020. T. 3. S. 136–138.
2. Kulaichev A. P. Metody` i sredstva kompleksnogo statisticheskogo analiza danny`x : ucheb. posobie. 5-e izd., pererab. i dop. M. : INFRA-M, 2025. 484 s. (Vy`sshee obrazovanie) doi: 10.12737/25093
3. Xrunichev R. V. Prikladny`e statisticheskie metody` analiza : ucheb. posobie. Ryazan` : Ryazan. gos. radiotexn. un-t, 2023. 80 s.
4. Solonin S. I. Metod gistogramm : ucheb. posobie. Ekaterinburg : CzNOT ITOO UrFU, 2014. 97 s.
5. Astaf`ev, R. U. Osnovny`e podxody` k formirovaniyu matematicheskix i imitacionny`x modelej na osnove baz znaniy v razrabotke programmnoho obespecheniya / R. U. Astaf`ev // Computational Nanotechnology. – 2024. – T. 11, № S5. – S. 142-151. – DOI 10.33693/2313-223X-2024-11-5-142-151. – EDN CCLNZK.
6. Astaf`ev, R. U. Podxody` k analizu kachestva e`lektronny`x obrazovatel`ny`x sred / R. U. Astaf`ev // Industrial`noe programmirovaniye - 2024 : sbornik dokladov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Moskva, 04–05 aprelya 2024 goda. – Moskva: MIRE`A - Rossijskij texnologicheskij universitet, 2024. – S. 14-15. – EDN LBZNOP.
7. Sidorov, A. A. Formuly` vy`chisleniya racional`ny`x integralov dlya nekratny`x kornej / A. A. Sidorov // Innovacionny`e texnologii v e`lektronike i priborostroenii : sbornik dokladov Rossijskoj nauchno-texnicheskoy konferencii s

mezhdunarodny`m uchastiem Fiziko-texnologicheskogo instituta RTU MIRE`A, Moskva, 16–17 aprelya 2020 goda. Tom 1. – Moskva: MIRE`A - Rossijskij texnologicheskij universitet, 2020. – S. 294-297. – EDN HJECCV.

8. Sidorov, A. A. Formuly` vy`chisleniya racional`ny`x integralov dlya nekratny`x kornej. Chast` 2 / A. A. Sidorov // Innovacionny`e texnologii v e`lektronike i priborostroenii : sbornik dokladov Rossijskoj nauchno-texnicheskoj konferencii s mezhdunarodny`m uchastiem Fiziko-texnologicheskogo instituta RTU MIRE`A, Moskva, 16–17 aprelya 2020 goda. Tom 1. – Moskva: MIRE`A - Rossijskij texnologicheskij universitet, 2020. – S. 298-301. – EDN TLYSRZ.

9. SIDOROV Andrei, 2024, THE IMPACT OF ANNOUNCEMENTS ON CRYPTOCURRENCY PRICES, Revista Economică, Lucian Blaga University of Sibiu, Faculty of Economic Sciences, vol.76(4), pages 69-94, December. DOI: <https://doi.org/10.56043/reveco-2024-0035>

10. Sidorov, A. A. Issues of finding formulas for the sums of power series of natural numbers in the course of linear algebra for students of technical universities / A. A. Sidorov // Prospective Materials and Technologies (PMT-2025): Proceedings of the National Scientific and Technical Conference with International Participation, Moscow, April 7–12, 2025. – Moscow: MIREA - Russian Technological University, 2025. – Pp. 1444-1454. – EDN IKYSTV.

11. Certain aspects of applying the universal trigonometric substitution / O. R. Paraskevopulo, V. N. Gelmiyarova, O. Yu. Kozlova, A. A. Sidorov // Prospective Materials and Technologies (PMT-2025): Proceedings of the National Scientific and Technical Conference with International Participation, Moscow, April 7–12, 2025. – Moscow: MIREA - Russian Technological University, 2025. – Pp. 1368-1374. – EDN EGAQQB.

© Чекалкин Н.С., Соколаева Н.Н., Гельмиярова В.Н., Морозова Т.А., 2025.

Московский экономический журнал, 2025, № № 9.