

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>О. И. Васильев, В. Ю. Медведев</b> <b>АНАЛИЗ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ</b> <b>НА ПРИМЕРЕ СВОБОДНЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ</b> <b>БИБЛИОТЕЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ</b>	<b>151–163</b>
<b>П. О. Гафурова</b> <b>МЕТОД АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОПОЛНЕНИЯ МЕТАДАННЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ</b> <b>КОЛЛЕКЦИЙ ЦИФРОВОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ БИБЛИОТЕКИ</b>	<b>164–186</b>
<b>А. И. Гурьянов</b> <b>ПРИМЕНЕНИЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ ДАННЫХ В ЗАДАЧЕ ОБНАРУЖЕНИЯ АНОМАЛИЙ</b> <b>В СФЕРЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ</b>	<b>187–200</b>
<b>М. Н. Кирсанов, А. И. Муницын</b> <b>ЗАВИСИМОСТЬ ПЕРВОЙ ЧАСТОТЫ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ БАЛОЧНОЙ</b> <b>ФЕРМЫ С ТРЕУГОЛЬНОЙ РЕШЕТКОЙ ОТ ЧИСЛА ПАНЕЛЕЙ</b>	<b>201–214</b>
<b>Ю. Е. Поляк</b> <b>О СЕРЬЕЗНОМ И СМЕШНОМ В НАУКЕ</b> <b>(ПО МАТЕРИАЛАМ ЭЛЕКТРОННЫХ БИБЛИОТЕК)</b>	<b>215–249</b>

# АНАЛИЗ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ НА ПРИМЕРЕ СВОБОДНЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ БИБЛИОТЕЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

О. И. Васильев<sup>1</sup> [0009-0001-2150-5951], В. Ю. Медведев<sup>2</sup> [0009-0008-3409-5462]

<sup>1, 2</sup>*Департамент программной инженерии и искусственного интеллекта  
Дальневосточного федерального университета, г. Владивосток*

<sup>1</sup>vasilev.o@dvfu.ru, <sup>2</sup>medvedev.viu@dvfu.ru

## **Аннотация**

Статья посвящена исследованию возможностей оптимизации работоспособности и повышения эффективности функционирования сложных многофункциональных программных систем на примере свободных автоматизированных библиотечно-информационных систем (далее – АБИС).

К 2023 году в мире накоплен ценный опыт создания и эксплуатации интегрированных АБИС различного масштаба и назначения, однако вопросы совершенствования их проектных решений остаются актуальными. В первую очередь это касается необходимости оптимизации структуры исходного программного кода с целью повышения его читаемости и поддерживаемости, снижения времени выполнения отдельных функциональных модулей, уменьшения объёма занимаемой оперативной памяти.

В рамках исследования был проведён сравнительный анализ исходных кодов нескольких действующих открытых АБИС, реализованных на различных языках программирования. Были изучены основные подходы к проектированию структуры кода, выявлены наиболее частотно используемые алгоритмы и паттерны. Для оценки степени оптимизированности исходного кода был разработан комплекс показателей, включающий оценку структуры, читаемости, модульности и других характеристик. На этой основе проведено сравнение отдельных фрагментов кода до и после применения известных техник рефакторинга.

В результате проведённой работы удалось выявить наиболее распространённые ошибки и недочёты в структуризации исходных кодов АБИС, определить

основные направления их оптимизации. Получены данные о возможном снижении затрат на тестирование и техническую поддержку посредством улучшения качества исходных кодов.

***Ключевые слова:** исправление программного кода, оптимизация программной системы, рефакторинг, многоязыковая система, оценка качества программных систем, автоматизированные библиотечно-информационные системы, процесс разработки программного обеспечения.*

## **ВВЕДЕНИЕ**

К настоящему времени создано немало многофункциональных информационных систем, предназначенных для автоматизации различных бизнес-процессов в области библиотечного дела и информационного обеспечения. Однако даже самые сложные из них, такие как Koha, NewGenLib или Evergreen, до сих пор не лишены определённых недостатков в плане структуризации исходных кодов.

Так, несмотря на значительный объём функционала и использование множества модульных компонентов, в большинстве случаев исходный код данных систем характеризуется низкой степенью читаемости и поддерживаемости. Это обусловлено, в частности, отсутствием чёткого разделения кода на слои, наличием переплетений логики приложения и представления, сложным вложением функций и процедур. Далеко не все аспекты оптимизации проектной документации отработаны должным образом. Например, в структуре кода зачастую не учитываются особенности языков реализации, отсутствуют стандарты оформления комментариев и docstring, не соблюдаются рекомендации по именованию переменных и функций.

Всё это негативно сказывается как на скорости выполнения программы, так и на затратах на тестирование, доработку и техническую поддержку на этапах жизненного цикла софтвера. Таким образом, проблема оптимизации структуры исходных кодов АБИС требует детального рассмотрения с привлечением известных подходов к повышению качества программного обеспечения.

Для решения поставленной задачи в данной работе был использован комплексный подход, включающий:

- Сравнительный анализ реализации основных функциональных блоков в нескольких открытых АБИС;
- Выделение наиболее распространённых ошибок проектирования на уровне структуры кода;
- Разработку критериев оценки его оптимизированности;
- Тестирование рефакторинга отдельных фрагментов с последующей оценкой результатов.

Для дальнейшего анализа необходимо остановиться на некоторых фундаментальных аспектах разработки программного обеспечения, оказывающих прямое влияние на качество и эффективность кода.

Во-первых, это так называемая архитектура трехуровневого проектирования (см. например, [1]). Согласно этой концепции, программная система должна состоять из трех взаимосвязанных частей: интерфейсного уровня, бизнес-логики (доменной модели) и хранилища данных. Правильное распределение функциональных блоков между этими слоями обеспечивает максимальную независимость компонентов и разделяемость ответственностей.

Вторым важным моментом является отделение представления данных от логики работы с ними. Это позволяет избежать «жесткой» привязки пользовательского интерфейса ко внутренней структуре данных и алгоритмам их обработки. Такая концепция разработки известна как MVC (Model-View-Controller) (см. например, [2]) и широко используется при создании веб-приложений.

Третьим важнейшим положением теории является Декларативное программирование. В отличие от императивного стиля, оно позволяет задавать логику приложения в виде объявлений отношений между данными и правил их преобразования, без указания непосредственной последовательности выполнения операций. Это дает возможность компилятору самостоятельно отыскать оптимальные алгоритмы вычислений.

Следующий важный блок — это наличие четкой и последовательной системы именования всех элементов программы: переменных, функций, классов, методов и других конструкций языка. Она должна отражать смысл элемента однозначно и кратко. Качественная именровка является фундаментальной основой

для понимания логики работы программы. Еще один важный аспект — это использование объектно-ориентированного подхода (ООП) к проектированию. В соответствии с принципами ООП, сложную систему следует структурировать как набор взаимодействующих объектов с чётко определённым интерфейсом и явно выраженными свойствами. Это позволяет повысить модульность кода и сделать его расширяемым.

Также не менее важным является применение различных шаблонов и паттернов проектирования. Подобные универсальные решения известных задач позволяют структурировать код эффективно и повторноиспользуемо, избегая «изобретения велосипеда». Набор рекомендуемых паттернов для конкретной предметной области следует вводить в стандарты проектирования.

## **МАТЕРИАЛЫ**

Для проведения глубокого сравнительного анализа структуры исходных кодов различных автоматизированных библиотечно-информационных систем в настоящем исследовании был сформирован представительный объем материалов. В частности, в качестве объектов изучения были отобраны исходные тексты ряда широко используемых свободных АБИС: Koha, NewGenLib, Evergreen (см. [3, 4, 5]). При сравнении эти проекты обеспечивают полную функциональность библиотечно-информационных процессов, но реализованы с применением различных подходов и технологий программирования. Так, Koha и NewGenLib написаны преимущественно на Perl, в то время как Evergreen представляет собой масштабную платформу, написанную на C++ с использованием веб-фреймворка Django.

Исходные файлы всех рассматриваемых систем были получены из центральных репозиторий (GitHub, Launchpad и др.) в наиболее свежих стабильных версиях (см. [6–8]).

Для проведения детального технического анализа кода был разработан ряд методик, включая:

– Статистический анализ – подсчет количества классов, функций, переменных, блоков кода для оценки его масштаба.

– Анализ вложенности кода – определение глубины вложенности функций и конструкций для оценки его читабельности.

– Анализ когерентности – изучение соответствия именования элементов программы их предназначению.

– Выделение антипаттернов – выявление ошибочных конструкций с точки зрения теории ООП и рефакторинга.

– Метрический анализ – расчет показателей сложности, сцепленности и других метрик для измерения качества дизайна.

Полученные результаты послужили основой для дальнейшей разработки рекомендаций по оптимизации структуры исходных кодов рассматриваемых систем.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ**

Проведённое исследование позволило выявить ряд закономерностей в структуризации исходных кодов рассмотренных автоматизированных систем. Одним из основных недостатков оказалось отсутствие чёткого разделения кода на слои в указанном стандартном виде [9]. Так, во многих модулях смешаны функции представления данных, бизнес-логики и доступа к СУБД, что не разделяет ответственности и затрудняет внесение изменений [10].

Выявлена значительная вариативность подходов к именованию элементов программы. Переменные, классы и методы зачастую недостаточно описательны и не отражают их назначения [11], что затрудняет понимание логики функционирования. Это также касается использования комментариев – в ряде модулей они либо отсутствуют, либо носят формальный характер. Анализ структуры кода показал проблемы с соблюдением принципов объектно-ориентированного программирования. Особенно в значительной части функциональных блоков модулей данных отмечался переизбыток процедурных конструкций вместо объектно-ориентированного дизайна [12, 13]. Также зафиксированы случаи неоптимальной вложенности функций и блоков кода, превышающей 3–4 уровня [14, 15]. Это негативно сказывается на читабельности и поддерживаемости. Кроме того, отмечено использование устаревших алгоритмов и конструкций в отдельных модулях систем, что может повлиять на их производительность [16–18].

Метрический анализ также выявил повышенные значения показателей сложности, сцепленности и длины методов в ряде модулей по сравнению с рекомендуемыми нормами. Это указывает на наличие избыточных взаимосвязей между элементами кода.

По результатам проведенного структурного анализа удалось получить ряд количественных показателей, характеризующих состояние исходного кода рассматриваемых информационных систем.

Данные, полученные в результате исследования, свидетельствуют о значительных проблемах в структурировании исходных кодов рассмотренных АБИС, требующих комплексного подхода к их устранению.

Прежде всего, необходимо последовательное внедрение трехуровневой архитектуры, строго разделяющей представление данных от логики их обработки.

Необходимо тщательно проработать именование всех элементов программы в соответствии со стандартами, чтобы максимально отразить их назначение. Также следует исключить излишне глубокую вложенность фрагментов кода и сократить объем индивидуальных функций. Это повысит его читаемость и управляемость.

Необходимо также максимально приблизиться к объектно-ориентированному стилю программирования за счёт широкого использования паттернов и абстракций. Выполнение перечисленных мероприятий позволит существенно повысить качество исследуемых систем на всех этапах их жизненного цикла.

Для систематизации предложенных оптимизаций целесообразно разработать детальные рекомендации по рефакторингу кода рассматриваемых АБИС.

На уровне архитектуры необходимо предусмотреть:

- Выделение в единый слой функций доступа к СУБД и ORM-маппинга.
- Создание слоя представления данных с использованием DTO-объектов.
- Разделение бизнес-логики на сервисы по функциональным областям.
- Вынесение всей валидации в отдельный валидатор.
- Определение контроллеров, реализующих MVC-паттерн.

На уровне технологического кода рекомендуется:

- Внедрить стандарты именования согласно PSR-2, PEAR.
  - Рефакторить перегруженные классы с целью «единственной ответственности».
-

- Вынести вспомогательную логику в хелперы.
- Использовать фасады и сервис-провайдеры.
- Применять паттерны проектирования (фабричный метод и др.).
- Удалять мёртвый и повторяющийся код.

Выполнение рекомендаций на всех этапах жизненного цикла поможет существенно повысить качество исследуемых АБИС.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

На основании проведенного исследования можно сделать ряд заключений:

1. Выявленные значительные проблемы в структурировании исходных кодов исследуемых АБИС указывают на несоответствие международным стандартам проектирования ПО.

2. Высокие показатели вложенности функций негативно влияют на поддерживаемость кода.

3. Недостаточное разделение ответственностей между слоями усложняет внесение изменений и расширение функционала.

4. Нарушение ООП-принципов делают код менее надежным, повторно используемым и гибким.

Таким образом, выявленные недочеты требуют комплексного применения известных методов оптимизации и рефакторинга на всех этапах жизненного цикла для достижения ожидаемого уровня качества ПО. Это позволит снизить затраты на сопровождение и повысить производительность исследуемых АБИС.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Фаулер М. Архитектура корпоративных программных приложений.: Пер. с англ. М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. 544 с.: ил. С. 46–48.
2. Фаулер М. Архитектура корпоративных программных приложений.: Пер. с англ. М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. 544 с.: ил. С. 347.
3. Koha, описание. URL: <https://koha-community.org>
4. NewGenLib, описание. URL: <https://sourceforge.net/projects/newgenlib/>
5. Evergreen, описание. URL: <https://evergreen-ils.org>



6. Релиз Koha.  
URL: <https://github.com/Koha-Community/Koha/releases/tag/v23.11.00>
  7. Релиз NewGenLib.  
URL: <https://sourceforge.net/projects/newgenlib/files/NewGenLib/version3.1.5/>
  8. Релиз Evergreen. URL: <https://launchpad.net/evergreen/3.10/3.10.4>
  9. *Alghazali S.M.M., Polshchikov K., Hailan A.M., Svoykina L.* Development of Intelligent Tools for Detecting Resource-intensive Database Queries // International Journal of Advanced Computer Science and Applications. 2021. V. 12, No. 7. P. 32–36.
  10. *Labusch K. et al.* BERT for Named Entity Recognition in Contemporary and Historical German // Proceedings of the 15th Conference on Natural Language Processing. 2019. P. 9–11.
  11. *Гринберг М.* Разработка веб-приложений с использованием Flask на языке Python. Litres, 2022.
  12. *Меркулова А.Ш.* Автоматизированные библиотечно-информационные системы: практикум для обучающихся по направлению 51.03.06 «Библиотечно-информационная деятельность», квалификация (степень) выпускника «бакалавр»: учебное пособие. Кемерово: КемГИК, 2021. 130 с. ISBN 978-5-8154-0590-5. Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система.  
URL: <https://e.lanbook.com/book/250673>
  13. *Аракелян Э.К., Андрюшин А.В., Мезин С.В., Косой А.А.* Оценка оптимального уровня интеллектуальности АСУТП энергоблоков большой мощности на базе современных ПТК // Материалы XII Межд. конф. «Управление развитием крупномасштабных систем» / под общ. ред. С.Н. Васильева. М.: Ин-т проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2019. С. 574–576.
  14. *Gorodnyaya L.* Method of paradigmatic analysis of programming languages and systems // CEUR Workshop Proceedings. 2020. V. 2543. P. 149–158.
  15. *Шиняева О.В., Ахметшина Е.Р., Ключева Т.В. и др.* Информационно-цифровое неравенство населения и способы его преодоления в регионе: монография под редакцией О.В. Шиняевой. Ульяновск: УлГТУ, 2020. 201 с. ISBN 978-5-9795-2015-5. Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система.  
URL: <https://e.lanbook.com/book/259799>
-

16. *An Yang, Kai Liu, Jing Liu, Yajuan Lyu, Sujian Li.* Adaptations of ROUGE and BLEU to Better Evaluate Machine Reading Comprehension Task [Электронный ресурс] // arXiv.org. 2018. Дата обновления: 10.06.2018.

URL: <https://arxiv.org/abs/1806.03578>

17. *Воеводин В.В., Воеводин Вл.В.* Параллельные вычисления/ СПб.: БХВ-Петербург, 2002. 608 с.

18. Современные технологии в науке и образовании – СТНО-2018: Сборник трудов международного научно-технического форума: в 11 томах, Рязань, 28 февраля 2018 года / Под общ. ред. О.В. Миловзорова. Рязань: Рязанский государственный радиотехнический университет, 2018. 234 с.

19. *Городняя Л.В.* Перспективы функционального программирования параллельных вычислений // Электронные библиотеки. 2021. № 6. С. 1090–1116.

20. *Изместьева О.В., Матусевич Д.С.* Зарубежное свободное программное обеспечение автоматизированных библиотечно-информационных систем // Научные и технические библиотеки. 2020. № 3. С. 1090–1116.

21. *Ионов М.А.* Опыт миграции БЕН РАН на АБИС Коха // Электронный век науки. Информационное и ресурсное обеспечение научной деятельности в контексте цифровой трансформации: материалы I международной научно-практической конференции, Махачкала, 27 сентября – 1 октября 2021 года / Библиотека по естественным наукам Российской академии наук; Дагестанский государственный университет. Москва: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Библиотека по естественным наукам Российской академии наук, 2021. С. 12–16.

22. *Нещерет М.Ю.* Цифровая библиография: библиотеки в поисках инновационных инструментов библиографической деятельности // Научные и технические библиотеки. 2021. № 7. С. 33–50.

23. *Скрыпников А.В., Денисенко В.В., Хитров Е.Г., Евтеева К.С., Савченко И.И.* Распознавание рукописного текста с использованием нейронных сетей // Современные наукоемкие технологии. 2021. № 6-1. С. 91–95.

24. *Сукиасян Э.Р.* Библиотечно-библиографическая классификация (БК): современное состояние и перспективы // Научные и технические библиотеки. 2020. № 1. С. 60–75.

## ANALYSIS OF SOFTWARE SYSTEM OPTIMIZATION USING THE EXAMPLE OF FREE AUTOMATED LIBRARY AND INFORMATION SYSTEMS

O. I. Vasyliiev<sup>1</sup> [0009-0001-2150-5951], V. Y. Medvedev<sup>2</sup> [0009-0008-3409-5462]

<sup>1, 2</sup>*Department of Software Engineering and Artificial Intelligence Far Eastern Federal University;*

<sup>1</sup>vasilev.o@dvmfu.ru, <sup>2</sup>medvedev.viu@dvmfu.ru

### **Abstract**

This article is devoted to the study of the possibilities of optimizing the operability and improving the efficiency of complex multifunctional software systems using the example of free automated library and information systems (hereinafter - ALIS).

By 2023, the world has accumulated valuable experience in the creation and operation of integrated ALIS of various scales and purposes, but the issues of improving their design solutions remain relevant. First of all, this concerns the need to optimize the structure of the source code in order to increase its readability and maintainability, reduce the execution time of individual functional modules, and reduce the amount of RAM used.

As part of the study, a comparative analysis of the source codes of several existing open source databases implemented in various programming languages was carried out. The main approaches to the design of the code structure were studied, the most frequently used algorithms and patterns were identified. To assess the degree of optimization of the source code, a set of indicators was developed, including an assessment of the structure, readability, modularity and other characteristics. On this basis, individual code fragments were compared before and after the use of well-known refactoring techniques.

As a result of the work carried out, it was possible to identify the most common errors and shortcomings in the structuring of the source codes of the ALIS, to determine the main directions of their optimization. Data has been obtained on the possible reduction of testing and technical support costs by improving the quality of source codes.

**Keywords:** *software code correction, software system optimization, refactoring, multilingual system, software system quality assessment, automated library and information systems, software development process.*

## REFERENCES

1. *Fauler M.* Arhitektura korporativnyh programmnyh prilozhenij.: Per. s angl. M.: Izdatel'skij dom "Vil'jams", 2006. 544 p.: il. S. 46–48.
2. *Fauler M.* Arhitektura korporativnyh programmnyh prilozhenij.: Per. s angl. M.: Izdatel'skij dom "Vil'jams", 2006. 544 p.: il. S. 347.
3. Koha, opisanie. URL: <https://koha-community.org>
4. NewGenLib, opisanie. URL: <https://sourceforge.net/projects/newgenlib/>
5. Evergreen, opisanie. URL: <https://evergreen-ils.org>
6. Reliz Koha.  
URL: <https://github.com/Koha-Community/Koha/releases/tag/v23.11.00>
7. Reliz NewGenLib.  
URL: <https://sourceforge.net/projects/newgenlib/files/NewGenLib/version3.1.5/>
8. Reliz Evergreen. URL: <https://launchpad.net/evergreen/3.10/3.10.4>
9. *Alghazali S.M.M., Polshchikov K., Hailan A.M., Svojkina L.* Development of Intelligent Tools for Detecting Resource-intensive Database Queries // International Journal of Advanced Computer Science and Applications. 2021. V. 12, No. 7. P. 32–36.
10. *Labusch K. et al.* BERT for Named Entity Recognition in Contemporary and Historical German // Proceedings of the 15th Conference on Natural Language Processing. 2019. P. 9–11.
11. *Grinberg M.* Razrabotka veb-prilozhenij s ispol'zovaniem Flask na jazyke Python. Litres, 2022.
12. *Merkulova A.Sh.* Avtomatizirovannye bibliotechno-informacionnye sistemy: praktikum dlja obuchajushhihsja po napravleniju 51.03.06 «Bibliotechno-informacionnaja dejatel'nost'», kvalifikacija (stepen') vypusknika «bakalavr»: uchebnoe posobie. Kemerovo: KemGIK, 2021. 130 p. ISBN 978-5-8154-0590-5. Tekst: jelektronnyj // Lan': jelektronno-bibliotechnaja sistema. URL: <https://e.lanbook.com/book/250673>

13. *Arakeljan Je.K., Andrijushin A.V., Mezin S.V., Kosoj A.A.* Ocenka optimal'nogo urovnja intellektual'nosti ASUTP jenergoblokov bol'shoj moshhnosti na baze sovremennyh PTK // *Materialy XII Mezhd. konf. «Upravlenie razvitiem krupnomasshtabnyh sistem» / pod obshh. red. S.N. Vasil'eva. M.: In-t problem upravlenija im. V.A. Trapeznikova RAN, 2019. S. 574–576.*

14. *Gorodnyaya L.* Method of paradigmatic analysis of programming languages and systems // *CEUR Workshop Proceedings. 2020. V. 2543. P. 149–158.*

15. *Shinjaeva O.V., Ahmetshina E.R., Kljueva T.V. i dr.* Informacionno-cifrovoe neravenstvo naselenija i sposoby ego preodolenija v regione: monografija pod redakciej O.V. Shinjaevoj. Ul'janovsk: UIGTU, 2020. 201 p. ISBN 978-5-9795-2015-5. Tekst: jelektronnyj // Lan': jelektronno-biblioteknaja sistema.

URL: <https://e.lanbook.com/book/259799>

16. *An Yang, Kai Liu, Jing Liu, Yajuan Lyu, Sujian Li.* Adaptations of ROUGE and BLEU to Better Evaluate Machine Reading Comprehension Task [Jelektronnyj resurs] // *arXiv.org. 2018. Data obnovlenija: 10.06.2018. URL: https://arxiv.org/abs/1806.03578*

17. *Voevodin V.V., Voevodin Vl.V.* Parallel'nye vychislenija/ SPb.: BHV-Peterburg, 2002. 608 s.

18. *Sovremennye tehnologii v nauke i obrazovanii – STNO-2018: Sbornik trudov mezhdunarodnogo nauchno-tehnicheskogo foruma: v 11 tomah, Rjazan', 28 fevralja 2018 goda / Pod obshh. red. O.V. Milovzorova. Rjazan': Rjazanskij gosudarstvennyj radiotekhnicheskij universitet, 2018. 234 s.*

19. *Gorodnjaja L.V.* Perspektivy funkcional'nogo programirovanija paralel'nyh vychislenij // *Jelektronnye biblioteki. 2021. № 6. S. 1090–1116.*

20. *Izmest'eva O.V., Matusevich D.S.* Zarubezhnoe svobodnoe programmnoe obespechenie avtomatizirovannyh bibliotekno-informacionnyh sistem // *Nauchnye i tehniczeskie biblioteki. 2020. № 3. S. 69–78.*

21. *Ionov M.A.* Opyt migracii BEN RAN na ABIS Koha // *Jelektronnyj vek nauki. Informacionnoe i resursnoe obespechenie nauchnoj dejatel'nosti v kontekste cifrovoj transformacii: materialy I mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Mahachkala, 27 sentjabrja – 1 oktjabrja 2021 goda / Biblioteka po estestvennym naukam*

Rossijskoj akademii nauk; Dagestanskij gosudarstvennyj universitet. Moskva: Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe uchrezhdenie nauki Biblioteka po estestvennym naukam Rossijskoj akademii nauk, 2021. S. 12–16.

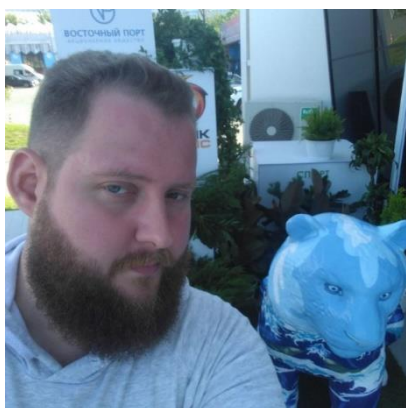
22. *Neshheret M.Ju.* Cifrovaja bibliografija: biblioteki v poiskah innovacionnyh instrumentov bibliograficheskoj dejatel'nosti // Nauchnye i tehničeskie biblioteki. 2021. № 7. S. 33–50.

23. *Skrypnikov A. V., Denisenko V. V., Hitrov E. G., Evteeva K.S., Savchenko I.I.* Raspoznavanie rukopisnogo teksta s ispol'zovaniem nejronnyh setej // Sovremennye naukoemkie tehnologii. 2021. № 6-1. S. 91–95.

24. *Sukiasjan Je.R.* Bibliotechno-bibliograficheskaja klassifikacija (BBK): sovremennoe sostojanie i perspektivy // Nauchnye i tehničeskie biblioteki. 2020. № 1. S. 60–75.

---

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ



**ВАСИЛЬЕВ Олег Иванович** – аспирант, ассистент Департамента программной инженерии и искусственного интеллекта Института математики и компьютерных технологий Дальневосточного федерального университета.

**Oleh Vasylijev** – graduate student, assistant of the Department software engineering and artificial intelligence of the Institute of Mathematics and Computer Technologies Far Eastern Federal University.

email: [vasilev.o@dvfu.ru](mailto:vasilev.o@dvfu.ru)

ORCID: 0009-0001-2150-5951

**МЕДВЕДЕВ Валентин Юрьевич** – аспирант Департамента программной инженерии и искусственного интеллекта Института математики и компьютерных технологий Дальневосточного федерального университета.

**Valentin Medvedev** – graduate student of the Department software engineering and artificial intelligence of the Institute of Mathematics and Computer Technologies Far Eastern Federal University.

email: [medvedev.viu@dvfu.ru](mailto:medvedev.viu@dvfu.ru)

ORCID: 0009-0008-3409-5462



*Материал поступил в редакцию 25 марта 2024 года*

---

УДК 004.4

## МЕТОД АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОПОЛНЕНИЯ МЕТАДААННЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ КОЛЛЕКЦИЙ ЦИФРОВОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ БИБЛИОТЕКИ

П. О. Гафурова<sup>[0000-0002-1544-155X]</sup>

*Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»,  
Лаборатория суперкомпьютерного моделирования, ул. Оренбургский тракт,  
20А, г. Казань, 420059*

rogafurova@gmail.com

### **Аннотация**

Предложены подходы к дополнению метаданных документов электронных коллекций цифровой математической библиотеки. В качестве источников информации для пополнения метаданных использованы открытые ресурсы семантической сети. Для этой цели разработаны программные инструменты, обеспечивающие поиск необходимых данных и их включение в набор метаданных.

Предложен алгоритм пополнения метаданных аффилиации авторов научной статьи. Как правило, представленная в документе аффилиация содержит недостаточное количество информации, необходимой для формирования набора метаданных. Метод пополнения метаданных аффилиации авторов основан на данных, извлеченных из открытого реестра идентификаторов научных организаций Research Organization Registry (ROR). Также в методе использованы разработанные инструменты извлечения связей между ROR и открытыми семантическими сетями. Этот метод апробирован на электронной коллекции статей журнала «Электронные библиотеки» за 2021–2022 годы.

На основе предложенного метода разработан программный сервис, включенный в фабрику метаданных цифровой библиотеки Lobachevskii-DML. Также результатом работы является включение в цифровую библиотеку Lobachevskii-DML новых электронных коллекций. Кроме того, описан метод трансформации метаданных в формат, доступный для загрузки в библиотеку.

**Ключевые слова:** ROR, Wikidata, цифровые библиотеки, метаданные аффилиации, Lobachevskii-DML.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Разработка цифровой математической библиотеки сопровождается решением задач по формированию метаданных электронных коллекций научных документов. Одной из задач, решаемых в цифровой математической библиотеке Lobachevskii-DML (<https://lobachevskii-dml.ru/>), является разработка методов формирования метаданных документов электронных коллекций [1]. В Lobachevskii-DML разрабатываются системы сервисов, соответствующие концепции BigMath [2, 3]. В концепции BigMath предложена модель Tetrapod [4, 5]. Модель Tetrapod включает в себя такие основные аспекты математики, как: вывод (inference), вычисление (computation), табуляция (tabulation), описание (narration), организация (organization). В библиотеке Lobachevskii-DML ставятся задачи пополнения метаданных электронных коллекций и гармонизации коллекций метаданных, которые соответствуют аспекту «Tabulation» [6–8]. Данный аспект подразумевает создание, сбор, поддержание и доступ к наборам объектов, закономерности и отношения между объектами и позволяет проверять гипотезы [4].

При включении коллекций в информационное пространство, в частности, в агрегирующие библиотеки, необходимо учитывать требования к составу метаданных [9–11]. По правилам, принятым в агрегирующих библиотеках и научных журналах, метаданные документов цифровых коллекций должны включать метаданные аффилиации. Аффилиация автора – это метаданные о месте работы автора документа [12, 13]. Метаданные аффилиации автора, как правило, требуют пополнения и уточнения. Например, часто используются сокращения названий научных организаций, может быть указана неполная информация об организации или организация не указана совсем. Разбор примеров неполных данных приведен в разделе «Особенности обработки аффилиации научных документов».

При формировании метаданных электронных коллекций цифровой библиотеки Lobachevskii-DML задача автоматического извлечения и пополнения составляющих аффилиации авторов публикаций является одной из наиболее сложных [14, 15]. В частности, необходимо точно определять личность автора статьи, что не всегда возможно. В существенной части документов электронных коллекций



присутствуют минимальные сведения об авторе и организации, что не позволяет без дополнительных сервисов и ручной обработки составить полную аффилиацию авторов документов. Решение задачи извлечения блока аффилиации сопровождается реализацией методов выделения структуры документов (см. [17]).

Пополнение метаданных цифровых коллекций можно осуществлять различными способами. Одним из таких способов является использование семантических сетей в интернете (примеры использования таких сетей приведены в [7, 16, 17]). Одними из главных особенностей семантических сетей являются упорядоченная структура сущностей и наличие точки доступа к семантической сети. Примерами таких семантических сетей являются Wikidata (<https://www.wikidata.org/>) и DBpedia (<https://www.dbpedia.org/>) [18]. Алгоритмы и методы формирования запросов к семантической сети приведены в [6, 17]. Другим подходом к дополнению метаданных является поиск в специализируемых семантических ресурсах. В данной статье для этой цели использован открытый реестр идентификаторов ROR (The Research Organization Registry) (<https://ror.org/>) [18, 19]. Использование специализированных коллекций улучшает качество дополненных метаданных. В полученных таким образом результатах исключаются случайные совпадения, что особенно актуально при поиске по аббревиатурам. Набор метаданных, представленных на сайте ROR, позволяет получить ссылки на такие семантические сети, как Wikidata.

В разделе 1 представлены особенности обработки аффилиации научных документов. В разделе 2 предложен метод пополнения метаданных, представляющих аффилиацию авторов публикаций и их нормализацию в формате библиотеки Lobachevskii-DML. В разделе 3 предложен разработанный алгоритм дополнения метаданных аффилиации с помощью REST API – открытого реестра идентификаторов ROR. Алгоритм реализован на коллекции журнала «Электронные библиотеки» за 2021–2022 годы. Разработанный метод позволяет расширить набор средств для улучшения метаданных по пополнению аффилиации, приведенных в [17]. В разделе 4 предложен метод пополнения метаданных цифровой библиотеки Lobachevskii-DML.

## 1. ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ АФФИЛИАЦИИ НАУЧНЫХ ДОКУМЕНТОВ

Включение метаданных аффилиаций авторов в основные метаданные научных коллекций является требованием международных научных журналов [15, 20]. Основные требования к составляющим аффилиации авторов научных публикаций, примеры влияния точности и полноты представленной в ней информации подробно приведены в [12, 13]. К основным составляющим аффилиации можно отнести такие метаданные, как полное название организации, полный адрес (индекс, номер дома, улица, город, регион, страна). Как правило, набор метаданных аффилиаций авторов в электронных коллекциях в зависимости от требования журнала и года, когда статья была выпущена, не соответствует правилам цифровой математической библиотеки. На рис. 1 приведены примеры аффилиаций в документах коллекций цифровой библиотеке Lobachevskii-DML.

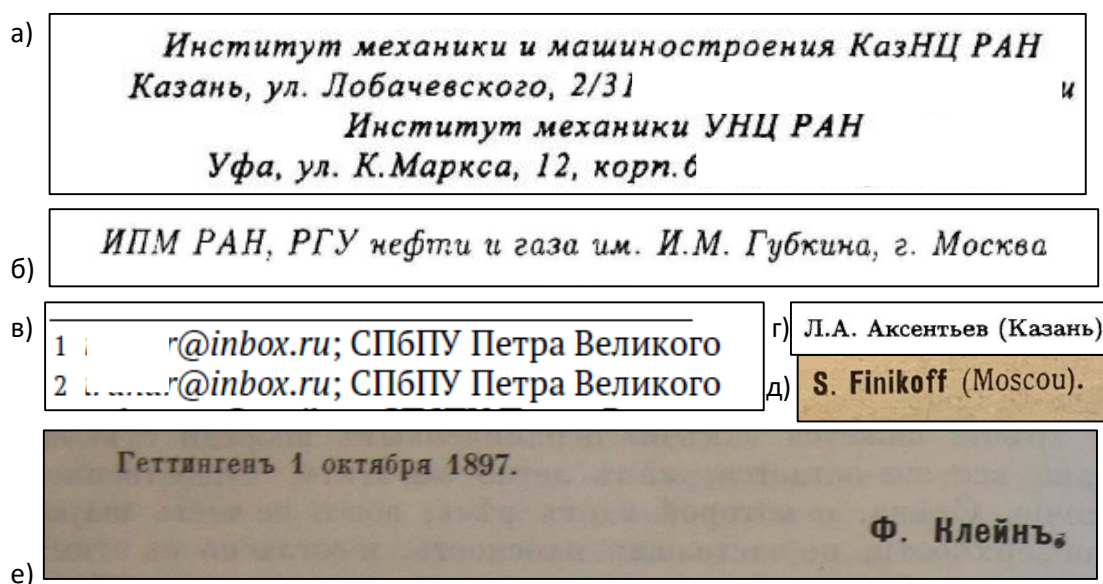


Рис. 1. Примеры аффилиаций авторов в коллекции цифровой библиотеки Lobachevskii-DML.

а) пример аффилиации, включающий название и полный адрес научной организации;

б) пример аффилиации, включающей название и город, в котором находится научная организация;

в) пример аффилиации, включающей название научной организации.

г)–е) примеры аффилиаций, включающих город, в котором работал ученый.

Приведенные выше примеры а)–г) – аффилиации статей коллекции «Труды математического центра им. Н. И. Лобачевского», д), е) – коллекции «Известия физико-математического общества при Казанском университете».

Также необходимо отметить, что набор метаданных не всегда зависит от года выпуска статьи. В архивных статьях в качестве аффилиации автора чаще всего указан только город, в котором жил автор. В данный момент аффилиация статей учитывается при подсчете показателей продуктивности научной организации, что увеличило набор метаданных и важность указания полной аффилиации в документах цифровых коллекций.

При формировании метаданных цифровых коллекций вначале необходимо определить составляющие аффилиации, при этом такие составляющие могут различаться по составу, в зависимости от требований научных изданий. Типичный состав аффилиации в различных типах коллекций предложен в таблице 1.

Таблица 1: Основные составляющие аффилиации документов коллекций цифровой библиотеки Lobachevskii-DML.

Основные составляющие аффилиации	Архивные ретро-коллекции (Коллекция «Известия физико-математического общества при Казанском университете»)	Коллекции на русском языке, выпущенные в доцифровой период (Коллекция «Труды математического центра им. Н. И. Лобачевского»)	Статьи, выпущенные в цифровую эпоху (Коллекция статей журнала «Электронные библиотеки»)
Факультет/внутренние составляющие организации	–	±	±
Организация	±	±	+
Улица, дом	–	±	±
Город, индекс	+	±	±
Страна	±	±	±

Основными проблемами при распознавании метаданных аффилиации являются: избыточные данные (например, указание кафедры университета), сокращения названий организаций, аббревиатуры, неполный набор метаданных. Также необходимо отметить, что правильный порядок указания метаданных в аффилиации является одним из основных требований в процессе автоматической обработки [13]. Также одной из задач является выделение блока аффилиации из текста статьи. Решение этой задачи сопровождается реализацией методов выделения структуры документов (см. [21–23]).

## **2. ОТКРЫТЫЙ РЕЕСТР ИДЕНТИФИКАТОРОВ ROR КАК ИСТОЧНИК МЕТАДААННЫХ В АФФИЛИАЦИИ АВТОРОВ**

В настоящей работе использован открытый реестр идентификаторов ROR. Этот ресурс является открытым реестром идентификаторов и метаданных научных организаций по всему миру. ROR используется в системах публикации журналов, репозиториях данных, платформах управления спонсорами и грантами, рабочих процессах с открытым доступом и других компонентах исследовательской инфраструктуры для устранения неоднозначности институциональной принадлежности, улучшения обнаружения и отслеживания результатов исследований по принадлежности, а также облегчения рабочих процессов публикации открытого доступа.

Дополнение метаданных цифровых коллекций с помощью ROR может сопровождаться некоторыми особенностями.

Основные метаданные, которые мы можем извлекать из ROR:

- `id` – идентификатор и ссылка в системе ROR;
- `name` – официальное название организации;
- `aliases` – альтернативные названия (в случае Казанского федерального университета – «Казанский университет», «Kazan State University»);
- `acronyms` – сокращения (в случае Казанского федерального университета – «KFU»);
- `label` – название на региональном языке, а также язык, на котором приведено название;
- `wikipedia_url` – страница в Wikipedia;

- addresses, country, city – адрес, страна, город;
- links – ссылка на сайт организации;
- Wikidata – идентификатор в Wikidata.

Одна из главных особенностей ROR – наличие средств поиска научной организации, что позволяет достаточно точно находить по названию научной организации ее профиль. Это дает преимущество в поиске в сравнении с методами поиска по семантической сети. В частности, в алгоритмах поиска по семантической сети используется ограничение множества сущностей, что не всегда позволяет однозначно определить искомую сущность [6]. Существование в ROR Wikidata id помогает дополнить метаданные аффилиации информацией из Wikidata. В качестве ограничений использования ROR можно указать неполноту коллекции метаданных (особенно научных организаций – некоторые научные организации изменяют названия, что усложняет поиск), неполноту акронимов и альтернативных названий организаций.

Необходимость использования такого ресурса, как ROR, обусловлена тем, что в более ранних коллекциях цифровой библиотеки Lobachevskii-DML и журнала «Электронные библиотеки (rdl-journal.ru) аффилиация не является полной, что не соответствует набору основных метаданных цифровых коллекций. Наличие поискового движка, связь с семантическими сетями позволяют использовать ROR в качестве валидного источника метаданных для цифровых коллекций.

### **3. ДОПОЛНЕНИЕ МЕТАДААННЫХ СРЕДСТВАМИ REST API**

Далее представлен алгоритм обращения к ROR. Доступ к ROR осуществляется с помощью средства доступа REST API [24]. Доступ к ресурсу ограничен –2000 запросов в 5 минут, что вполне подходит к размеру коллекции «Электронные библиотеки» за 2021–2022 годы. Также в данный момент REST API приводит только активные организации, что ограничивает набор коллекций, к которым мы можем применить алгоритм.

Доступ к REST API осуществляется средствами cURL – служебной программы командной строки (<https://curl.se/>).

Приведем основной алгоритм извлечения информации из ROR:

- 1) формирование cURL запроса к REST API;
- 2) получение JSON ответа на запрос для научных организаций;

- 3) разбор JSON файлов;
- 3.1) отбор результатов запроса;
- 3.2) перевод результатов запроса в XML.

Отметим, что при формировании запроса на шаге 1 используются сервисы метаданных, обеспечивающие извлечение блока аффилиации из документа с последующим разбором аффилиации на составляющие. Эти сервисы основаны на методах анализа структурных составляющих научных документах (см. [15]).

Для реализации данного алгоритма использованы средства языка C#, расширение Newtonsoft.Json (<https://www.newtonsoft.com/json>) для работы с JSON, а также System.Xml, System.Xml.Linq для работы с xml-документами.

Алгоритм протестирован на коллекции статей журнала «Электронные библиотеки» за 2021–2022 годы. В метаданных статей приведены полные названия организаций на русском и английском языках, однако не приведены адреса – обязательная часть метаданных [12]. Метаданные сформированы в формате Articulos, принятом для загрузки метаданных в научную электронную библиотеку eLIBRARY.RU [9]. Формирование метаописания сборников статей в формате Articulos описано в [14, 15].

---

**Алгоритм 1: Получение информации об организации средствами REST API и дополнение метаданных цифровой коллекции статей журнала «Электронные библиотеки».**

---

```
1: load XDocument EB_xml EB_Articulos.xml
//формируем список организаций
2: Set Uni;// Множество организаций
3: for each issue in EB_xml:
4:   ""for each article in issue:
5:     """"for each author in article:
6:       """"""Uni.Add(author.orgName);// добавление организации в множество
организаций
7:     """"end for
8:   ""end for
9: end for
```

---

```
10: if (Uni.Length >= 1)
11: {
12:   ""System.Diagnostics.Process.Start("cmd.exe", @"/C cd ""C:\Users\
""LJM\vcpkg\"""); //запуск командной строки
13:   ""for each U in Uni:
14:     """"System.Diagnostics.Process.Start("cmd.exe", @"/C curl
""""https://api.ror.org/organizations?query.advanced=name:" + """"UNorm(U)
+ " > C:\\lin \\ROR\\res\\" + U + ".txt"); //запрос к """"REST API и сохранение
файла с ответом в папку. UNorm – """"функция, которая представляет
нормированное название организации
15: string[] dirs = Directory.GetFiles(path, "*.txt"); //получаем все файлы из
папки с запросами
16: list Nodes;// список xml-узлов с нормализованными метаданными
17: for each name in dirs:
18:   ""jsonValue = sr.ReadLine(); //считываем файл JSON
19:   ""jsonValueN = Normal(jsonValue);//отбор организации из JSON ""файла
20:   ""XmlDocument element =
""JsonConvert.DeserializeXmlNode(jsonValueN);// переводим из ""JSON в xml с
помощью Newtonsoft.Json;
21:   ""XmlNode node = Normalization(element);// функция отбора
""необходимых метаданных из xml-файла, формирование узла ""для
вставки в xml-документ.
22:   ""Nodes.Add(node);
23: end for;
24: for each issue in EB_xml:
25:   ""for each article in issue:
26:     """"for each author in article:
27:       """"""author.Add(FindOrg(Nodes));// добавление дополнительных
""""""метаданных организации в xml файл
28:     """"end for
```

---

29: ""end for

30: end for

31: write EB\_xml in EB\_Articulus\_Sup.xml

32: save EB\_Articulus\_Sup.xml

На Рис. 2 приведен фрагмент результата запроса.

```
1 { ... "members": [ CRIF
2 { CRIF
3   "id": "https://ror.org/05256ym39", CRIF
4   "name": "Kazan Federal University", CRIF
5   "email_address": "", CRIF
6   "ip_addresses": [], CRIF
7   "established": 1804, CRIF
8   "types": ["Education"], CRIF
9   "relationships": [], CRIF
10  "name": "Molecule Man", CRIF
11  "addresses": [ CRIF
12    "lat": 55.78874, CRIF
13    "lng": 49.12214, CRIF
14    "state": null, CRIF
15    "state_code": null, CRIF
16    "city": "Kazan'", CRIF
17    "geonames_city": { CRIF
18      "id": 551487, CRIF
19      "city": "Kazan'", CRIF
20      "geonames_admin1": { CRIF
21        "name": "Tatarstan Republic", CRIF
22        "id": 484048, CRIF
23        "ascii_name": "Tatarstan Republic", CRIF
24        "code": "RU.73"}, CRIF
25      "geonames_admin2": { CRIF
26        "name": "Gorod Kazan'", CRIF
27        "id": 862913, CRIF
28        "ascii_name": "Gorod Kazan'", CRIF
29        "code": "RU.73.862913"}, CRIF
30      "license": { CRIF
31        "attribution": "Data from geonames.org under a CC-BY 3.0 license", CRIF
32        "license": "http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/"}, CRIF
33      "nuts_level1": { CRIF
34        "name": null, CRIF
35        "code": null}, CRIF
36      "nuts_level2": { CRIF
37        "name": null, CRIF
38        "code": null}, CRIF
```

Рис. 2. Фрагмент результата запроса к ROR.

Отметим, что при получении Wikidata id можно использовать алгоритм, приведенный в статье [6], что позволяет дополнять метаданные еще большим набором метаданных средствами семантической сети Wikidata. Приложение можно подключить в функции Normalization(element) (строка 22 алгоритма 1).

В ходе тестирования процент найденных в ROR аффилиаций научных организаций из данной коллекции составил 82%.

В процессе регистрации статьи в информационной системе OJS в системе Open Journal System (OJS) авторы вводят аффилиацию самостоятельно, однако она может быть неполной, например, могут отсутствовать город, страна, или аф-



филиация может быть написана в сокращенном виде. Набор метаданных OJS версии 3.0 не подразумевает ROR-идентификатора. Таким образом, мы можем хранить его во внутренних форматах (например, при формировании метаданных цифровых коллекций Lobachevskii-DML).

В дальнейшем предполагается с помощью разработанного инструмента произвести пополнение и уточнение метаданных электронных коллекций, входящих в Lobachevskii-DML. К ограничениям метода можно отнести: неполноту информации в ROR, отсутствие архивных организаций (что ограничивает использование метода в ретро-коллекциях).

#### **4. ФОРМИРОВАНИЕ КОЛЛЕКЦИЙ ЦИФРОВОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ БИБЛИОТЕКИ LOBACHEVSKII-DML**

Изучая метаданные статей электронных коллекций, можно заметить, что чаще всего для их описания используются древовидные структуры [9–11, 25]. Однако архитектура метаданных библиотеки Lobachevskii-DML имеет реляционную структуру [14]. Возникает задача преобразования коллекций в формат, пригодный для загрузки в Lobachevskii-DML. При решении этой задачи необходимо создавать методы преобразования метаданных из xml-формата в формат MySQL.

Обозначим метаданные, приведенные на рис. 3:

- **articles**: включает в себя идентификатор документа, идентификатор издания, номер тома, положение статьи в номере, номера страниц, дата опубликования. Следующие таблицы включают в себя “id” как первичный ключ реляционной таблицы;
- **article\_files**: включает ключ “id”, url ссылку на статью, а также информацию, содержится данный файл на сайте библиотеки или ссылка является внешней;
- **article\_ids**: содержит ссылки на документ в других интернет-источниках, а также название этих источников;
- **article\_titles**: названия документов с указанием языка, на котором представлен документ;
- **article\_related**: 5 схожих документов внутри коллекции Lobachevskii-DML вместе со ссылкой;

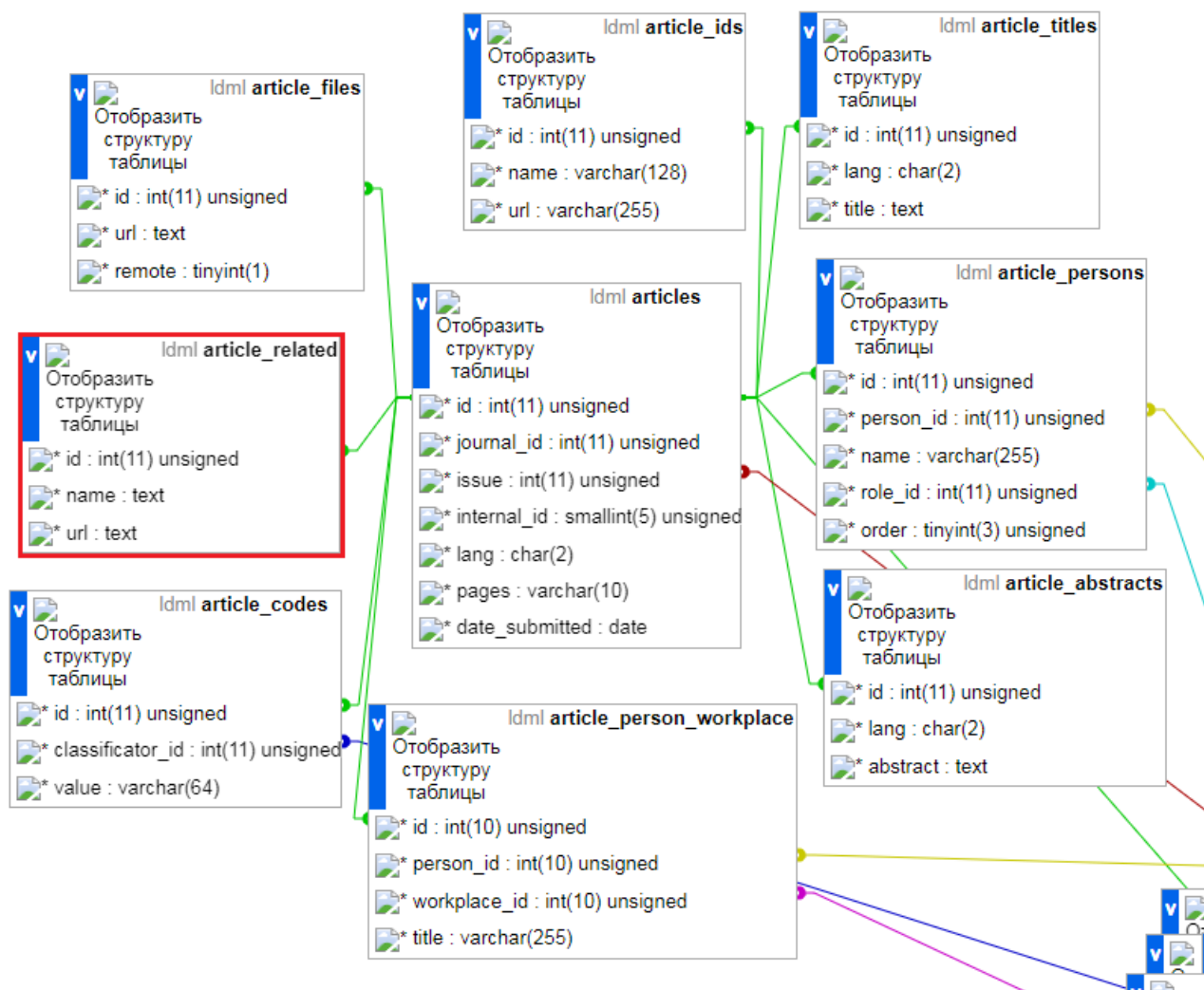


Рис. 3. Фрагмент схемы описания статьи в цифровой библиотеке Lobachevskii-DML.

- article\_persons: идентификатор автора документа, имя, роль, порядок авторов в документе;
- article\_codes: классификаторы и их значения;
- article\_abstracts: аннотации и язык, на котором написана аннотация;
- article\_person\_workplace: место работы автора документа, идентификатор автора и места работы и название.

Метаданные коллекций для загрузки в цифровую библиотеку могут быть получены в различных форматах. Так как часто метаданные уже представлены в xml и форматах, основанных на xml, то необходимо создание средств преобразования коллекций в формат библиотеки Lobachevskii-DML.

Для решения этой проблемы было написано приложение, которое позволило генерировать таблицы метаданных для загрузки в цифровую библиотеку. При реализации данной задачи было необходимо описать классы, в которых содержится информация о метаданных статьи и автора, поля этих классов приведены на рис. 4.

```
class Article
{
    int id;
    int journal_id = 14;
    string volume;
    string number;
    int issue_id;
    int in_issue_id;
    string pages;
    string title_rus;
    string abstract_rus;
    string link;
    string lang = "ru";
    string date = "";
    List<string> keywords = new List<string>();
    List<Person> authors = new List<Person>();
}

class Person {
    int person_id;
    string surname;
    string initials;
    string fullname;
    string affiliation;
    int role_id = 1;
    int number_id=1;
    int affiliation_id;
```

Рис. 4. Поля классов, образующих метаописание статьи.

Далее приведен алгоритм перевода метаданных журнала из формата Articulos в формат, подходящий для загрузки в Lobachevskii-DML [9]. Основной спецификой алгоритма был широкий набор метаданных в метаописании статей в формате Articulos. Также проблему вызывал тот факт, что необходимо связывать уже существующие в библиотеке Lobachevskii-DML метаданные, такие, как персоналии авторов и организации, в которых они работали.

---

#### Алгоритм 2: Алгоритм нормализации метаданных статей журнала в формат, предназначенный для загрузки в базу Lobachevskii-DML

---

- 1: load Dictionary<string, int> affiliation // создание словаря организаций, которые уже существуют в контексте Lobachevskii-DML
  - 2: load Dictionary<string, int> names // создание словаря организаций, которые уже существуют в контексте Lobachevskii-DML
  - 3: load files//загрузка файлов метаописания в формате xml
  - 4: for each file in files:
  - 5: volume = FindNode("volume")//поиск по xml дереву тома выпуска
  - 6: number = FindNode("number") // поиск по xml дереву номера выпуска
-

```
7:      id_issue = IssuedDefiner(volume, number) // определение id номера для
      Lobachevskii-DML
8:      for each article in file
9:          newArticle = new Article(volume, number) // создание экземпляра класса
      Article
10:         newArticle.pages = FindNode("pages") // поиск номеров страниц статьи
11:         newArticle.artTitles = FindNode("artTitles", lang= "RUS") // поиск
      названия статьи на русском языке
12:         newArticle.abstracts = FindNode("abstracts", lang="RUS") // поиск
      аннотации на русском языке
13:         newArticle.keywords = FindNode("keywords", lang= "RUS") // поиск и
      формирование списка ключевых слов на русском языке
14:         newArticle.files = FindNode("files", lang= "RUS")
15:         newArticle.dates = FindNode("dates", lang= "RUS")
16:         for each author in paper:
17:             Person newauthor = new Person()
18:             newauthor.surname = FindNode("surname", lang="RUS") // поиск
      фамилии на русском языке
19:             newauthor.initials = FindNode("initials ", lang= "RUS") // поиск
      инициалов на русском языке
20:             newauthor.orgName = FindNode("orgName", lang= "RUS") поиск
      названия на русском языке
21:             newauthor.Form_fullname()//формирование полного имени
22:             affiliation = newauthor.Form_aff_id(affiliation) // добавление в словарь
      организации новой организации или получение id из словаря организаций
23:             names = newauthor.Form_name_id(names) // добавление в словарь
      имен авторов нового автора или получение id из словаря авторов
24:             newArticle.authors.Add(newauthor) // добавление нового автора в ста-
      тью
25:         end for
26:         newArticle.Form() // формирование записей метаописания статьи в раз-
      личные таблицы
27:     end for
28: end for
```

---

При применении разработанного метода были сформированы следующие коллекции: «Метаданные статей журнала «Электронные библиотеки» за 1998–2022 гг., которая была загружена в Lobachevskii-DML, и электронная коллекция «Метаданные тезисов докладов XI Всероссийского съезда по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики», также представленная в цифровой библиотеке Lobachevskii-DML [26, 27].

В рамках формирования коллекций Lobachevskii-DML возникла необходимость формирования методов загрузки дополнительных метаданных к документам цифровых коллекций [28–30]. Так, был разработан метод добавления новых метаданных к статьям, которые уже находятся в коллекции. Схема цифровой библиотеки (рис. 4) была дополнена таблицей `article_related`, включающей в себя наборы схожих по тематике статей к статьям, содержащимся в библиотеке. Указанный метод реализован в виде программного инструмента, размещенного в цифровой библиотеке [31].

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Сформирован алгоритм дополнения цифровых коллекций средствами платформы ROR, он был реализован на языке C#. Средствами этого алгоритма пополнена коллекция метаданных журнала «Электронные библиотеки» за 2021–2022 годы, сформировано приложение, которое позволяет дополнять метаданные аффилиации цифровых коллекций. В дальнейшем данный алгоритм будет применен на коллекции цифровой библиотеки Lobachevskii-DML и включен в цифровой сервис формирования метаданных «Фабрика метаданных» цифровой библиотеки Lobachevskii-DML [22].

## **Благодарности**

Работа выполнена в КазО МСЦ РАН – филиале ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН в рамках государственного задания FNEF-2022-0014.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Elizarov A.M., Lipachev E.K.* Lobachevskii DML: Towards a Semantic Digital Mathematical Library of Kazan University // International Conference on Data Analytics and Management in Data Intensive Domains. 2017. P. 326–333.

2. *Елизаров А.М., Липачёв Е.К.* Цифровая библиотека Lobachevskii-DML в научном пространстве математических знаний // Научно-техническая информация. Серия 1: Организация и методика информационной работы. 2023. № 1. С. 32–37. <https://doi.org/10.36535/0548-0019-2023-01-3>
3. *Elizarov A., Lipachev E.* Big math methods in Lobachevskii-DML digital library // CEUR Workshop Proceedings 2019. V. 2523. P.59–72.
4. *Carette J., Farmer W.M., Kohlhase M., Rabe F.* Big Math and the OneBrain Barrier. A Position Paper and Architecture Proposal // arXiv:1904.10405v1. 2019. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1904.10405>
5. *Carette J., Farmer W.M., Kohlhase M., Rabe F.* Big Math and the One-Brain Barrier: The Tetrapod Model of Mathematical Knowledge // Math. Intelligencer. 2021. V. 43. P. 78–87. <https://doi.org/10.1007/s00283-020-10006-0>
6. *Гафурова П.О., Липачёв Е.К.* Метод уточнения аффилиации авторов научных документов на основе запросов к семантической сети // Научный сервис в сети Интернет: труды XXIV Всероссийской научной конференции (19–22 сентября 2022 г., онлайн). М.: ИПМ им. М.В. Келдыша. 2022. С. 115–127. <https://doi.org/10.20948/abrau-2022-31>
7. *Гафурова П.О.* Гармонизация метаданных цифровых математических коллекций // Информационные технологии в образовании и науке (ИТОН-2023): материалы IX Международной научно-практической конференции в рамках IV Международного форума по математическому образованию (27 марта – 1 апреля 2023 г.) / отв. ред. А.А. Агафонов. Казань: Изд-во Академии наук РТ. 2023. С. 46–50. URL: [https://kpfu.ru/portal/docs/F357733059/ITON\\_2023.pdf](https://kpfu.ru/portal/docs/F357733059/ITON_2023.pdf)
8. *Elizarov A., Lipachev E.* Digital Libraries and the Common Digital Space of Mathematical Knowledge // CEUR Workshop Proc. 2021. V. 2990. P. 25–38.
9. Инструкция по Articulis (для периодических и непериодических изданий). URL: [https://vniigis.ru/1\\_dlya\\_failov/Help/Инструкция%20по%20работе%20с%20программой%20Articulis%20eLibrary%20НЭБ%20РИНЦ.pdf](https://vniigis.ru/1_dlya_failov/Help/Инструкция%20по%20работе%20с%20программой%20Articulis%20eLibrary%20НЭБ%20РИНЦ.pdf)
10. *Bouche T., Goutorbe C., Jorda J.-P., Jost M.* The EuDML Metadata Schema: Version 1.0. // Towards a Digital Mathematics Library, July 2011, Bertinoro, Italy. P. 45–61. URL: <https://hal.univ-grenoble-alpes.fr/hal-03765892/file/D3.6.pdf>

11. How can I submit metadata for a complete journal or conference? URL: <https://dblp.org/faq/How+can+I+submit+meta+data+for+a+complete+journal+or+conference.html>

12. *Кириллова О.В.* Аффiliation авторов научных публикаций и ее представление в статьях и в глобальных индексах цитирования. URL: <https://kai.ru/documents/1489522/1535688/affiliation.pdf/a3349af1-1b8d-4f05-ba54-812f60a32e21>

13. *Кириллова О.В.* Значение и основные требования к представлению аффiliation авторов в научных публикациях // Научный редактор и издатель. 2016. Т. 1 (1–4). С. 32–42.

14. *Елизаров А.М., Липачев Е.К., Хайдаров Ш.М.* Цифровая математическая библиотека Lobachevskii DML. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021620324 от 25 февраля 2021 года.

15. *Елизаров А.М., Зайцева Н.В., Зуев Д.С., Липачёв Е.К., Хайдаров Ш.М.* Сервисы формирования метаданных цифровых документов в форматах международных наукометрических баз данных // Научный сервис в сети Интернет: труды XX Всероссийской научной конференции (17–22 сентября 2018 г., г. Новороссийск). М.: ИПМ им. М.В. Келдыша, 2018. С. 175–185.  
<https://doi.org/10.20948/abrau-2018-53/2020610082.pdf>

16. *Андреичев М.Д., Гафурова П.О., Елизаров А.М., Липачёв Е.К.* Пополнение метаданных документов математических цифровых ретро-коллекций методом семантических сетей // Научный сервис в сети Интернет: труды XXIII Всероссийской научной конференции (20–23 сентября 2021 г., онлайн). М.: ИПМ им. М.В. Келдыша, 2021. С. 22–33. <https://doi.org/10.20948/abrau-2021-22>. URL: <https://keldysh.ru/abrau/2021/theses/22.pdf>

17. *Elizarov A., Gafurova P., Lipachev E.* Wikidata in Metadata Formation Methods for Documents of Digital Mathematical Library // CEUR Workshop Proc. 2021. V. 3066. P. 23–33.

18. *Апанович З.В.* Информация о российских научных организациях в международных и русскоязычных источниках данных // Электронные библиотеки. 2021. Т. 24 (5). С. 756–769. URL: <https://rdl-journal.ru/article/view/701>

19. ROR – The Research Organization Registry (ROR). URL: <https://ror.org/>

20. *Елизаров А.М., Липачёв Е.К., Хайдаров Ш.М.* Программа автоматизированного формирования выпусков журнала «Электронные библиотеки» Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2020610082 от 9 января 2020 года.

21. *Гафурова П.О., Елизаров А.М., Липачёв Е.К.* Базовые сервисы фабрики метаданных цифровой математической библиотеки Lobachevskii-DML // *Электронные библиотеки*. 2020. Т. 23 (3). С. 336–381.

<https://doi.org/10.26907/1562-5419-2020-23-3-336-381>

22. *Elizarov A., Khaydarov S., Lipachev E.* Scientific documents ontologies for semantic representation of digital libraries // *RPC 2017. Proceedings of the 2nd Russian-Pacific Conference on Computer Technology and Applications, 2017*. P. 1–5. <https://doi.org/10.1109/RPC.2017.8168064>

23. *Biryal'tsev E., Elizarov A., Zhil'tsov N., Lipachev E., Nevzorova O., Solov'ev V.* Methods for analyzing semantic data of electronic collections in mathematics // *Automatic Documentation and Mathematical Linguistics*. 2014. V. 48. No. 2. P. 81–85. <https://doi.org/10.3103/S000510551402006X>

24. ROR REST API Guide URL: <https://ror.readme.io/docs/rest-api>

25. Journal Archiving and Interchange Tag Library NISO JATS Version 1.3d1. URL: <https://jats.nlm.nih.gov/archiving/tag-library/1.3d1/chapter/how-to-read.html>

26. Электронная коллекция статей журнала «Электронные библиотеки» URL: <https://lobachevskii-dml.ru/journal/elbib>

27. Электронная коллекция «XI Всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики». URL: [https://lobachevskii-dml.ru/conference/congress\\_11](https://lobachevskii-dml.ru/conference/congress_11)

28. *Гафурова П.О.* Дополнение метаданных документов цифровых коллекций из внешних источников // *Материалы Всероссийской школы-конференции «Лобачевские чтения – 2023»*. Казань: Изд-во КФУ. 2023. Т. 67 С. 33–36.

29. *Гафурова П.О.* Автоматическое пополнение метаданных цифровых публикаций с использованием семантических сервисов сети Интернет // *Научный сервис в сети Интернет*. 2023. № 25. С. 84–93. <https://doi.org/10.20948/abrau-2023-27>



30. Elizarov A., Gafurova P., Lipachev E. Algorithms for Integration of Unstructured Mathematical Documents into the Common Digital Space of Scientific Knowledge// CEUR Workshop Proc. 2021. V. 2990. P. 39–49.

URL: <https://ceur-ws.org/Vol-2990/rpaper4.pdf>

31. Гафурова П.О., Кривцова В.А. Программа формирования списка близких статей цифровой математической библиотеки на основе статистических метрик. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2023684278 от 15 ноября 2023 года.

---

## **AUTOMATIC REPLENISHMENT OF METADATA OF DIGITAL PUBLICATIONS USING SEMANTIC SERVICES OF THE INTERNET**

**P. O. Gafurova**<sup>[0000-0002-1544-155X]</sup>

*National Research Centre “Kurchatov Institute”*

pogafurova@gmail.com

### **Abstract**

The article describes approaches to replenishing metadata of documents in electronic collections of a digital mathematical library. An open resource of the semantic network is used as a replenishment. For this purpose, software tools have been developed to search for the necessary data and include it in a metadata set. A separate block of metadata in a scientific article is formed from the affiliation of the authors presented in the document. Typically, the ownership that occurs in a document does not contain sufficient data to generate a set of metadata. A method has been developed for providing author affiliation metadata, providing an open register of scientific organization identifiers (ROR), as well as means for making connections between ROR and other semantic chains. This method was applied to the collections of articles of the journal “Digital Libraries” for 2021–2022.

The article describes a method for connecting the Lobachevsky digital mathematical library-DML to new electronic collections, and describes a method for transforming metadata into a digital format available for downloading.

**Keywords:** *ROR, Wikidata, digital libraries, affiliation metadata, Lobachevskii-DML.*

---

## REFERENCES

1. *Elizarov A.M., Lipachev E.K.* Lobachevskii DML: Towards a Semantic Digital Mathematical Library of Kazan University // International Conference on Data Analytics and Management in Data Intensive Domains. 2017. P. 326–333.
2. *Elizarov A.M., Lipachev, E.K.* Lobachevskii digital library in the scientific space of mathematical knowledge // Nauchno-tehnicheskaya informaciya. Seriya 1: Organizaciya i metodika informacionnoj raboty. 2023. No 1. P. 32–37.  
<https://doi.org/10.36535/0548-0019-2023-01-3>
3. *Elizarov A., Lipachev E.* Big math methods in Lobachevskii-DML digital library // CEUR Workshop Proceedings. 2019. V. 2523. P. 59–72.
4. *Carette J., Farmer W.M., Kohlhase M., Rabe F.* Big Math and the OneBrain Barrier. A Position Paper and Architecture Proposal // arXiv:1904.10405v1. 2019.  
<https://doi.org/10.48550/arXiv.1904.10405>
5. *Carette J., Farmer W.M., Kohlhase M., Rabe F.* Big Math and the One-Brain Barrier: The Tetrapod Model of Mathematical Knowledge // Math Intelligencer. V. 43. 2021. P. 78–87. <https://doi.org/10.1007/s00283-020-10006-0>
6. *Gafurova P.O., Lipachev E.K.* Method for Clarifying the Affiliation of Authors of Scientific Documents Based on Requests to the Semantic Web// Scientific Services and Internet, SSI-2022. M.: IPM im. M.V. Keldysha. 2022. P. 115–127.
7. *Gafurova P.O.* Harmonization of metadata in digital mathematical libraries // Informacionnye tekhnologii v obrazovanii i nauke (ITON-2023): materialy IX Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii v ramkah IV Mezhdunarodnogo foruma po matematicheskomu obrazovaniyu (27 marta – 1 aprelya 2023 g.) / otv. red. A.A. Agafonov. Kazan': Izd-vo Akademii nauk RT. 2023. P. 46–50.  
URL: [https://kpfu.ru/portal/docs/F357733059/ITON\\_2023.pdf](https://kpfu.ru/portal/docs/F357733059/ITON_2023.pdf)
8. *Elizarov A., Lipachev E.* Digital Libraries and the Common Digital Space of Mathematical Knowledge // CEUR Workshop Proc. 2021. V. 2990. P. 25–38.
9. *Articulus user manual (for periodicals and nonperiodicals)*  
URL: [https://vniigis.ru/1\\_dlya\\_failov/Help/Инструкция%20по%20работе%20с%20программой%20Articulus%20eLibrary%20НЭБ%20РИНЦ.pdf](https://vniigis.ru/1_dlya_failov/Help/Инструкция%20по%20работе%20с%20программой%20Articulus%20eLibrary%20НЭБ%20РИНЦ.pdf)
10. *Bouche T., Goutorbe C., Jorda J.-P., Jost M.* The EuDML Metadata Schema: Version 1.0. Towards a Digital Mathematics Library, July 2011, Bertinoro, Italy. P.45–61. <https://hal.univ-grenoble-alpes.fr/hal-03765892/file/D3.6.pdf>

11. How can I submit metadata for a complete journal or conference?  
<https://dblp.org/faq/How+can+I+submit+meta+data+for+a+complete+journal+or+conference.html>

12. *Kirillova O.V.* Affiliaciya avtorov nauchnyh publikacij i ee predstavlenie v stat'yah i v global'nyh indeksah citirovaniya.

URL: <https://kai.ru/documents/1489522/1535688/affiliation.pdf/a3349af1-1b8d-4f05-ba54-812f60a32e21>

13. *Kirillova O.V.* Znachenie i osnovnye trebovaniya k predstavleniyu affiliacii avtorov v nauchnyh publikacijah // Nauchnyj redaktor i izdatel'. 2016. V. 1 (1–4). P. 32–42.

14. *Elizarov A.M., Lipachev E.K., Khajdarov Sh.M.* Cifrovaya matematicheskaya biblioteka Lobachevskii DML. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii bazy dannyh № 2021620324 ot 25 fevralya 2021 goda.

15. *Elizarov A.M., Zaitseva N., Zuev D.S., Lipachev E.K., Khajdarov Sh.M.* Services for Formation of Digital Documents Metadata in the Formats of International Science-Based Databases // CEUR Workshop Proc. 2018. V. 2260. P. 175–185.

URL: [https://ceur-ws.org/Vol-2260/53\\_175-185.pdf](https://ceur-ws.org/Vol-2260/53_175-185.pdf)

16. *Andreichev M.D., Gafurova P.O., Elizarov A.M., Lipachev E.K.* Replenishment of documents of mathematical digital retro-collections by searching in semantic web// Scientific Services and Internet, SSI-2021. M.: IPM im. M.V. Keldysha. 2021. P. 22–33. <https://doi.org/10.20948/abrau-2021-22>

URL: <https://keldysh.ru/abrau/2021/theses/22.pdf>

17. *Elizarov A., Gafurova P., Lipachev E.* Wikidata in Metadata Formation Methods for Documents of Digital Mathematical Library // CEUR Workshop Proc. 2021. V. 3066. P. 23–33.

18. *Apanovich Z.V.* Information about russian research organizations in multilingual data sources // Russian Digital Libraries Journal. 2021. V. 24 (5). P. 756–769.

URL: <https://rdl-journal.ru/article/view/701>

19. ROR – The Research Organization Registry (ROR) // <https://ror.org/>

20. *Elizarov A.M., Lipachyov E.K., Hajdarov SH.M.* Programma avtomatizirovannogo formirovaniya vypuskov zhurnala «Elektronnye biblioteki» Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii bazy dannyh № 2020610082 ot 9 yanvarya 2020 goda.

21. *Gafurova P., Elizarov A., Lipachev E.* Basic services of factory metadata digital mathematical library Lobachevskii-DML // Russian Digital Libraries Journal. 2020. V. 23 (3). P. 336–381. <https://doi.org/10.26907/1562-5419-2020-23-3-336-381>
22. *Elizarov A., Khaydarov S., Lipachev E.* Scientific documents ontologies for semantic representation of digital libraries // RPC 2017. Proceedings of the 2nd Russian-Pacific Conference on Computer Technology and Applications. 2017. P. 1–5. <https://doi.org/10.1109/RPC.2017.8168064>
23. *Biryal'tsev E., Elizarov A., Zhil'tsov N., Lipachev E., Nevzorova O., Solov'ev V.* Methods for analyzing semantic data of electronic collections in mathematics // Automatic Documentation and Mathematical Linguistics. 2014. V. 48. No 2. P. 81–85. <https://doi.org/10.3103/S000510551402006X>
24. ROR REST API Guide URL: <https://ror.readme.io/docs/rest-api>
25. Journal Archiving and Interchange Tag Library NISO JATS Version 1.3d1 URL: <https://jats.nlm.nih.gov/archiving/tag-library/1.3d1/chapter/how-to-read.html>
26. Electronic collection of scientific journal articles «Russian Digital Libraries Journal» URL: <https://lobachevskii-dml.ru/journal/elbib>
27. Electronic collection of scientific journal articles «XI Vserossijskij s"ezd po fundamental'nym problemam teoreticheskoy i prikladnoj mekhaniki». URL: [https://lobachevskii-dml.ru/conference/congress\\_11](https://lobachevskii-dml.ru/conference/congress_11)
28. *Gafurova P.O.* Enhancing digital collections document metadata from external sources // Materialy Vserossijskoj shkoly-konferencii "Lobachevskie chteniya – 2023" Kazan': Izd-vo KFU. 2023. V. 67 P. 33–36.
29. *Gafurova P.O.* Automatic replenishment of metadata of digital publications using semantic services of the Internet // Scientific Services and Internet, SSI-2023. M.: IPM im. M.V. Keldysha. 2023. V. 25. P. 84–93. <https://doi.org/10.20948/abrau-2023-27>
30. *Elizarov A., Gafurova P., Lipachev E.* Algorithms for Integration of Unstructured Mathematical Documents into the Common Digital Space of Scientific Knowledge// CEUR Workshop Proc. 2021. V. 2990. P.39–49. <https://ceur-ws.org/Vol-2990/rpaper4.pdf>

31. *Gafurova P.O., Krivcova V.A.* Programma formirovaniya spiska blizkih statej cifrovoj matematicheskoj biblioteki na osnove statisticheskikh metrik. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii bazy dannyh № 2023684278 ot 15 noyabrya 2023 goda.

---

## **СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ**



**ГАФУРОВА Полина Олеговна** – младший научный сотрудник Казанского филиала Межведомственного суперкомпьютерного центра Российской академии наук, младший научный сотрудник Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», Лаборатории суперкомпьютерного моделирования.

**Polina Olegovna GAFUROVA** – Junior Researcher, Joint Supercomputer Center of the Russian Academy of Sciences, Junior Researcher, National Research Centre “Kurchatov Institute”.

email: pogafurova@gmail.com;

ORCID: 0000-0002-1544-155X

*Материал поступил в редакцию 15 января 2024 года*

## ПРИМЕНЕНИЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ ДАННЫХ В ЗАДАЧЕ ОБНАРУЖЕНИЯ АНОМАЛИЙ В СФЕРЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

А. И. Гурьянов<sup>[0000-0002-9870-7973]</sup>

*Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Лаборатория суперкомпьютерного моделирования, ул. Оренбургский тракт, 20А, г. Казань, 420059*

armgnv@gmail.com

### **Аннотация**

В настоящее время в машинном обучении высокую актуальность имеют синтетические данные. Современные алгоритмы генерации синтетических данных дают возможность генерации данных, очень близких по статистическим свойствам к исходным данным. Синтетические данные используются на практике в широком спектре задач, в том числе связанных с аугментацией данных.

Предложен метод аугментации данных, совмещающий подходы увеличения объема выборки с помощью синтетических данных и генерации синтетических аномалий. Метод использован для решения задачи в сфере информационной безопасности, заключающейся в поиске аномалий в журналах сервера с целью обнаружения атак.

Модель, обученная в рамках решения названной задачи, показала высокие результаты. Это демонстрирует эффективность использования синтетических данных для увеличения объема выборки и генерации аномалий, а также возможность с высокой результативностью использовать эти подходы совместно.

**Ключевые слова:** синтетические данные, обнаружение аномалий, информационная безопасность, генерация аномалий, аугментация данных, машинное обучение.

## ВВЕДЕНИЕ

В последние годы в сфере машинного обучения высокую востребованность приобрели синтетические данные. Благодаря значительному совершенствованию алгоритмов генерации данных существует возможность генерации синтетических данных, очень близких по статистическим свойствам к исходным данным.

Объем мирового рынка синтетических данных в 2022 году составил 163,8 млн долларов [1]. Объем этого рынка в настоящее время имеет стабильно высокие темпы роста (Рисунок 1), что подтверждает высокую актуальность синтетических данных.

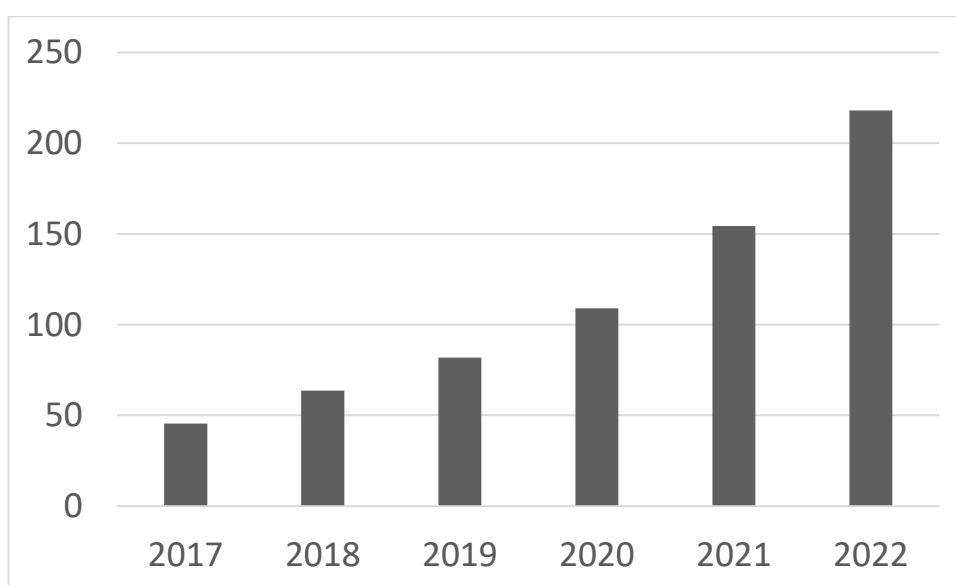


Рис. 1. Объем мирового рынка синтетических данных

Синтетические данные – это данные, являющиеся результатом работы генеративного процесса, обученного на свойствах реальных данных (см., например, [2]). Они могут быть применены на практике для решения широкого спектра задач в различных предметных областях [3, 4]. Далее рассмотрим ряд подходов применения синтетических данных в сфере машинного обучения.

Генерация синтетических данных может быть использована в машинном обучении для увеличения объема обучающей выборки [5, 6]. В этом случае для обучения модели могут быть использованы как реальные данные, дополненные синтетическими, так и полностью синтетические данные. Кроме того, генерация синтетических данных применяется в задачах классификации в тех случаях, когда

классы сильно несбалансированы, с целью генерации дополнительных экземпляров редких классов [7, 8].

Также существует возможность применения синтетической генерации данных в задачах обнаружения аномалий для генерации аномальных значений. Этот подход имеет высокую актуальность, так как во многих случаях на практике аномалии очень редки, и собрать достаточное количество реальных аномальных данных крайне сложно или даже невозможно [9]. Данный подход неоднократно успешно применялся на практике [10–12], однако в настоящее время он недостаточно освещен в публикациях на русском языке.

Генерация данных для их использования в обучающей выборке называется аугментацией данных [13].

В работе предложен метод аугментации данных, совмещающий подходы увеличения объема выборки с помощью синтетических данных и генерации синтетических аномалий. Этот метод применен для задачи поиска аномалий в сфере информационной безопасности.

### **ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ**

Входные данные задачи представляют собой журналы сервера, включающие в себя информацию о событиях авторизации. Все признаки, кроме временной метки события, являются категориальными. Необходимо выявить в этих данных аномалии с целью обнаружения атак. При этом все исходные данные – «нормальные» и не содержат аномалий. Поэтому, чтобы обучить модель и проверить ее качество, аномалии необходимо сгенерировать.

Исходный набор данных содержит 100 тысяч записей. При этом на практике большая часть событий авторизации является нормальной, а атаки, как правило, являются редкими событиями. Поэтому выборка должна содержать малое количество аномалий, составляющее доли процента.

Однако в этом случае набор аномалий в выборке становится нерепрезентативным из-за их малого количества, а обучение модели на такой выборке приводит к переобучению. Поэтому возникла необходимость увеличения объема выборки за счет генерации синтетических данных на основе нормальных данных.



## **ГЕНЕРАЦИЯ СИНТЕТИЧЕСКИХ ДАННЫХ**

Для генерации синтетических данных была использована библиотека DataSynthesizer [14]. Преимущества этой библиотеки заключаются в том, что она выпущена под свободной лицензией MIT, бесплатна и удобна в использовании.

Механизм функционирования данной библиотеки описан ее авторами в статье [14], ее исходный код доступен на GitHub [15].

Также генерация аномальных данных реализована в рамках инструмента измерения качества алгоритмов поиска аномалий ADBench [16]. В этом инструменте реализована возможность генерации реалистичных аномалий с различными распределениями. Однако ADBench содержит возможность генерации аномалий только на основе числовых данных, категориальные же данные не поддерживаются, что является существенным ограничением и делает этот инструмент непригодным для решения поставленной выше задачи. Кроме того, в настоящее время функция генерации аномалий предназначена исключительно для работы в рамках инструмента и недостаточно адаптирована для применения к другим практическим задачам машинного обучения [17].

Библиотека DataSynthesizer поддерживает следующие уровни генерации данных:

1. Режим коррелированных атрибутов – генерирует синтетические данные с сохранением как зависимостей между столбцами исходных данных, так и распределений данных в столбцах. Полученные таким способом синтетические данные очень близки к исходным по статистическим свойствам. Для генерации данных применяются байесовские сети.

2. Режим независимых атрибутов – сохраняет распределение данных в столбцах, но не сохраняет зависимости между столбцами.

3. Режим случайных атрибутов – здесь не сохраняются ни зависимости между столбцами, ни распределение данных. Столбцы сгенерированных данных заполняются равномерно распределенными значениями, взятыми из исходных данных.

Для генерации синтетических нормальных данных был применен режим 1, а для генерации аномалий – режим 3.

В рамках библиотеки DataSynthesizer генерация синтетических данных состоит из двух этапов.

На первом этапе осуществляется анализ входных данных. Анализатор данных (класс DataDescriber) определяет различные статистические свойства исходных данных. По результатам анализа создается файл описания данных в формате json.

Анализ входных данных возможно запустить на любом из уровней генерации данных. Чем выше уровень, тем выше детализация полученного файла описания данных.

Файл описания данных можно использовать для генерации данных не только на уровне, непосредственно соответствующем файлу, но и на более низком уровне. Поэтому в рамках решения поставленной задачи производился анализ входных данных на уровне режима коррелированных атрибутов, а полученный файл применялся как для генерации синтетических нормальных данных, так и для генерации аномалий.

В библиотеке DataSynthesizer представлена возможность обработки как числовых, так и категориальных переменных. По умолчанию, анализатор данных автоматически определяет, к какому типу относится каждый отдельно взятый признак. Однако такое автоматическое определение не может быть безошибочным [14]. Поэтому существует необходимость явно указать, какие признаки данных являются категориальными.

Программный код первого этапа приведен на рисунке 2.

```
categoryal_attributes_list = list(df.columns)
categoryal_attributes = {}
for categoryal_attribute in categoryal_attributes_list:
    categoryal_attributes[categoryal_attribute] = True
categoryal_attributes['logon_time'] = False

describer = DataDescriber()
describer.describe_dataset_in_correlated_attribute_mode(dataset_file=input_data,
                                                       k=2,
                                                       epsilon=0,
                                                       seed=random_state,
                                                       attribute_to_is_categoryal=categoryal_attributes)
```

Рис. 2. Анализ входных данных

На втором этапе производится непосредственно генерация синтетических данных. Генератор данных (класс `DataGenerator`) получает информацию о статистических свойствах данных из файла, созданного на первом этапе, и на основе этой информации генерирует данные. Программный код этого этапа приведен на рисунке 3.

```
from DataSynthesizer.DataGenerator import DataGenerator

generator = DataGenerator()
generator.generate_dataset_in_correlated_attribute_mode(normal_data_to_generate,
                                                         description_file,
                                                         seed=random_state)

generator.save_synthetic_data(synthetic_data_file)
```

Рис. 3. Генерация синтетических данных

После генерации осуществляется предобработка данных. Исходные данные, синтетические нормальные данные и синтетические аномалии были предобработаны одинаковым образом.

### **ОБУЧЕНИЕ МОДЕЛИ С ПРИМЕНЕНИЕМ СИНТЕТИЧЕСКИХ ДАННЫХ**

После предобработки формируются обучающая и тестовая выборки. Обучающая выборка формируется на основе синтетических нормальных данных, а тестовая выборка – на основе исходных данных, обе выборки в равных пропорциях содержат сгенерированные аномалии.

Для поиска аномалий применялся алгоритм Isolation Forest [18]. Для подбора оптимальных гиперпараметров модели был использован метод байесовского поиска (bayes search) [19]. Этот метод способен определять оптимальные значения гиперпараметров за меньшее количество итераций, чем поиск по сетке (grid search). Кроме того, байесовский поиск дает возможность поиска не только по дискретным, но и по непрерывным интервалам значений гиперпараметров, что дает возможность обнаружить более оптимальные значения [20]. Для повышения качества подбора гиперпараметров применялась перекрестная проверка (кросс-валидация). Размер валидационной выборки составлял 1/3 от общего размера обучающей выборки.

Преобразования, осуществляемые над данными, отражены на диаграмме потоков данных (data flow diagram, DFD), представленной на рисунке 4.

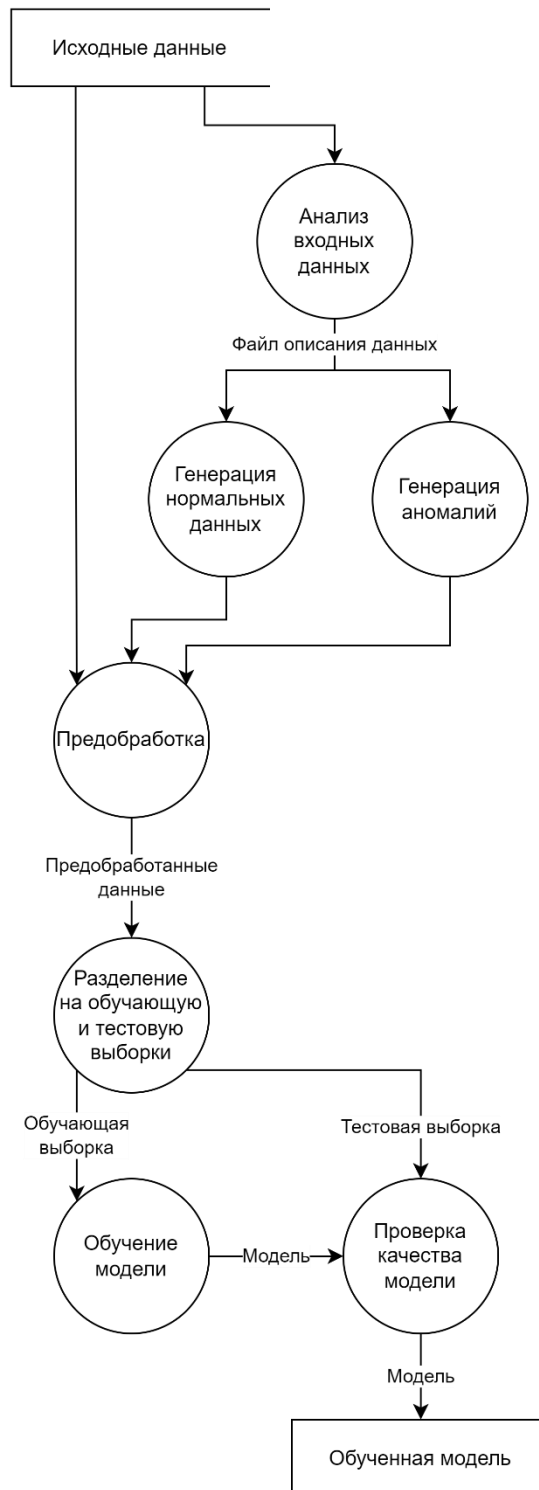


Рис. 4. Диаграмма потоков данных в рамках решения поставленной задачи

При подборе гиперпараметров максимизировалась полнота (recall). В качестве оптимизируемой метрики была выбрана именно полнота, так как при поиске потенциально вредоносных событий ложноположительные результаты значительно опаснее ложноотрицательных. В пределах разумного лучше ошибочно пометить событие как аномалию, чем не идентифицировать аномалию, значит, потенциальную атаку.

Обученная модель показала высокие результаты и успешно обнаруживает сгенерированные аномалии. Полученные значения метрик качества приведены в таблице 1.

Таблица 1. Значения метрик качества обученной модели

Метрика	Значение на обучающей выборке	Значение на тестовой выборке
Полнота (recall)	0,96	0,97
Точность (precision)	0,32	0,3

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование показало, что генерация синтетических данных в настоящее время имеет высокую актуальность в значительном количестве предметных областей.

В статье генерация синтетических данных применена автором с целью аугментации данных для решения задачи поиска аномалий в сфере информационной безопасности. В рамках решения этой задачи синтетические данные одновременно были использованы двумя различными способами: для генерации дополнительных нормальных данных с целью увеличения объема выборки, а также генерации аномальных данных, так как в исходной выборке аномальные данные отсутствовали. Такая методика показала хорошие результаты, так как дала возможность обучить модель поиска аномалий высокого качества.

Таким образом, исследование продемонстрировало эффективность использования синтетических данных для увеличения объема выборки, а также генерации аномальных данных. Кроме того, было установлено, что описанные подходы могут с высокой результативностью использоваться совместно.

## Благодарности

Работа выполнена в КазО МСЦ РАН – филиале ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН в рамках государственного задания FNEF-2022-0014.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Synthetic Data Generation Market by End-user, Type, and Geography – Analysis and Forecast // Technavio. 2023.  
URL: <https://www.technavio.com/report/synthetic-data-generation-market-analysis> (дата обращения 04.02.2024)
2. *Assefa S., Dervovic D., Mahfouz M., Balch T., Reddy P., Veloso M.* Generating Synthetic Data in Finance: Opportunities, Challenges and Pitfalls // Proceedings of the First ACM International Conference on AI in Finance. 2020.  
<https://doi.org/10.1145/3383455.3422554>
3. *James S., Harbron C., Branson J., Sundler M.* Synthetic data use: exploring use cases to optimise data utility // Discover Artificial Intelligence. 2021. V. 1.  
<https://doi.org/10.1007/s44163-021-00016-y>
4. *Jordon J., Szpruch L. et al.* Synthetic Data – what, why and how? // ArXiv. 2022.  
<https://doi.org/10.48550/arXiv.2205.03257>
5. *Хафизов А.В., Григорьев М.В.* Генерирование синтетических пористых изображений для аугментации данных с целью тренировки алгоритмов машинного обучения // Сенсорные системы. 2021. Т. 35, № 4. С. 340–347.  
<https://doi.org/10.31857/S023500922104003X>
6. *Heine J., Fowler E.E.E., Berglund A., Schell M.J., Eschrich S.* Techniques to produce and evaluate realistic multivariate synthetic data // Scientific Reports. 2023. V. 13. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-38832-0>
7. *Vicente C., Muzo D., Jiménez I., Fabelo H., Gram I.T., Løchen M., Granja C., Ruiz C.* Evaluation of Synthetic Categorical Data Generation Techniques for Predicting Cardiovascular Diseases and Post-Hoc Interpretability of the Risk Factors // Applied Sciences. 2023. V. 13(7). <https://doi.org/10.3390/app13074119>
8. *Wang Z., Wang H.* Global Data Distribution Weighted Synthetic Oversampling Technique for Imbalanced Learning // IEEE Access. 2021. V. 9. P. 44770–44783.  
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3067060>

9. *Astrid M., Zaheer M., Lee S.* Synthetic Temporal Anomaly Guided End-to-End Video Anomaly Detection // 2021 IEEE/CVF International Conference on Computer Vision Workshops (ICCVW). 2021. P. 207–214.

<https://doi.org/10.1109/ICCVW54120.2021.00028>

10. *Luo M., Wang K., Cai Z., Liu A., Li Y., Cheang C.F.* Using Imbalanced Triangle Synthetic Data for Machine Learning Anomaly Detection // *Computers, Materials & Continua*. 2019. V. 58(1). P. 15–26. <https://doi.org/10.32604/cmcc.2019.03708>

11. *Salem M., Taheri S., Yuan J.S.* Anomaly Generation Using Generative Adversarial Networks in Host-Based Intrusion Detection // 9th IEEE Annual Ubiquitous Computing, Electronics & Mobile Communication Conference. 2018. P. 683–687. <https://doi.org/10.1109/UEMCON.2018.8796769>

12. *Smolyakov D., Sviridenko N., Ishimtsev V., Burikov E., Burnaev E.* Learning Ensembles of Anomaly Detectors on Synthetic Data // International Symposium on Neural Networks. 2019. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-22808-8\\_30](https://doi.org/10.1007/978-3-030-22808-8_30)

13. *Емельянов С.О., Иванова А.А., Швец Е.А., Николаев Д.П.* Методы аугментации обучающих выборок в задачах классификации изображений // *Сенсорные системы*. 2018. Т. 32, № 3. С. 236–245.

<https://doi.org/10.1134/S0235009218030058>

14. *Ping H., Stoyanovich J., Howe B.* DataSynthesizer: Privacy-Preserving Synthetic Datasets // Proceedings of the 29th International Conference on Scientific and Statistical Database Management. 2017. P. 1–5.

<https://doi.org/10.1145/3085504.3091117>

15. DataResponsibly / DataSynthesizer // GitHub.

URL: <https://github.com/DataResponsibly/DataSynthesizer> (дата обращения 12.01.2024)

16. *Han S., Hu X., Huang H., Jiang M., Zhao Y.* ADBench: Anomaly Detection Benchmark // Neural Information Processing Systems (NeurIPS). 2022.

17. Minqi824 / ADBench // GitHub.

URL: <https://github.com/Minqi824/ADBench> (дата обращения 23.01.2024)

18. *Liu F.T., Ting K.M., Zhou Z.* Isolation Forest // Eighth IEEE International Conference on Data Mining. 2008. P. 413–422. <https://doi.org/10.1109/ICDM.2008.17>

19. Snoek J., Larochelle H., Adams R.P. Practical Bayesian Optimization of Machine Learning Algorithms // Advances in Neural Information Processing Systems 25. 2012.

20. Yang L., Shami A. On hyperparameter optimization of machine learning algorithms: Theory and practice // Neurocomputing. 2020. V. 415. P. 295–316.  
<https://doi.org/10.1016/j.neucom.2020.07.061>

---

## APPLICATION OF SYNTHETIC DATA TO THE PROBLEM OF ANOMALY DETECTION IN THE FIELD OF INFORMATION SECURITY

A. I. Gurianov<sup>[0000-0002-9870-7973]</sup>

*National Research Centre “Kurchatov Institute”*

armgnv@gmail.com

### **Abstract**

Currently, synthetic data is highly relevant in machine learning. Modern synthetic data generation algorithms make it possible to generate data that is very similar in statistical properties to the original data. Synthetic data is used in practice in a wide range of tasks, including those related to data augmentation.

The author of the article proposes a data augmentation method that combines the approaches of increasing the sample size using synthetic data and synthetic anomaly generation. This method has been used to solve an information security problem of anomaly detection in server logs in order to detect attacks.

The model trained for the task shows high results. This demonstrates the effectiveness of using synthetic data to increase sample size and generate anomalies, as well as the ability to use these approaches together with high efficiency.

**Keywords:** *synthetic data, anomaly detection, information security, anomaly generation, data augmentation, machine learning.*



## REFERENCES

1. Synthetic Data Generation Market by End-user, Type, and Geography – Analysis and Forecast // Technavio. 2023.

URL: <https://www.technavio.com/report/synthetic-data-generation-market-analysis>  
(дата обращения 04.02.2024)

2. *Assefa S., Dervovic D., Mahfouz M., Balch T., Reddy P., Veloso M.* Generating Synthetic Data in Finance: Opportunities, Challenges and Pitfalls // Proceedings of the First ACM International Conference on AI in Finance. 2020.

<https://doi.org/10.1145/3383455.3422554>

3. *James S., Harbron C., Branson J., Sundler M.* Synthetic data use: exploring use cases to optimise data utility // Discover Artificial Intelligence. 2021. V. 1.

<https://doi.org/10.1007/s44163-021-00016-y>

4. *Jordon J., Szpruch L. et al.* Synthetic Data - what, why and how? // ArXiv. 2022.

<https://doi.org/10.48550/arXiv.2205.03257>

5. *Khafizov A.V., Grigor'ev M.V.* Generirovanie sinteticheskikh poristyx izobrazhenii dlia augmentatsii dannykh s tsel'iu trenirovki algoritmov mashinnogo obucheniia // *Sensornye sistemy*. 2021. T. 35, № 4. S. 340–347.

<https://doi.org/10.31857/S023500922104003X>

6. *Heine J., Fowler E.E.E., Berglund A., Schell M.J., Eschrich S.* Techniques to produce and evaluate realistic multivariate synthetic data // *Scientific Reports*. 2023.

V. 13. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-38832-0>

7. *Vicente C., Muzo D., Jiménez I., Fabelo H., Gram I.T., Løchen M., Granja C., Ruiz C.* Evaluation of Synthetic Categorical Data Generation Techniques for Predicting Cardiovascular Diseases and Post-Hoc Interpretability of the Risk Factors // *Applied Sciences*. 2023. V. 13(7).

<https://doi.org/10.3390/app13074119>

8. *Wang Z., Wang H.* Global Data Distribution Weighted Synthetic Oversampling Technique for Imbalanced Learning // *IEEE Access*. 2021. V. 9. P. 44770–44783.

<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3067060>

9. *Astrid M., Zaheer M., Lee S.* Synthetic Temporal Anomaly Guided End-to-End Video Anomaly Detection // 2021 IEEE/CVF International Conference on Computer Vision Workshops (ICCVW). 2021. P. 207–214.

<https://doi.org/10.1109/ICCVW54120.2021.00028>

---

10. Luo M., Wang K., Cai Z., Liu A., Li Y., Cheang C.F. Using Imbalanced Triangle Synthetic Data for Machine Learning Anomaly Detection // *Computers, Materials & Continua*. 2019. V. 58(1). P. 15–26. <https://doi.org/10.32604/cmcc.2019.03708>

11. Salem M., Taheri S., Yuan J.S. Anomaly Generation Using Generative Adversarial Networks in Host-Based Intrusion Detection // *9th IEEE Annual Ubiquitous Computing, Electronics & Mobile Communication Conference*. 2018. P. 683–687. <https://doi.org/10.1109/UEMCON.2018.8796769>

12. Smolyakov D., Sviridenko N., Ishimtsev V., Burikov E., Burnaev E. Learning Ensembles of Anomaly Detectors on Synthetic Data // *International Symposium on Neural Networks*. 2019. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-22808-8\\_30](https://doi.org/10.1007/978-3-030-22808-8_30)

13. Emel'ianov S.O., Ivanova A.A., Shvets E.A., Nikolaev D.P. *Metody augmentatsii obuchaiushchikh vyborok v zadachakh klassifikatsii izobrazhenii* // *Sensornye sistemy*. 2018. T. 32, № 3. S. 236–245.

<https://doi.org/10.1134/S0235009218030058>

14. Ping H., Stoyanovich J., Howe B. DataSynthesizer: Privacy-Preserving Synthetic Datasets // *Proceedings of the 29th International Conference on Scientific and Statistical Database Management*. 2017. P. 1–5.

<https://doi.org/10.1145/3085504.3091117>

15. DataResponsibly / DataSynthesizer // GitHub.

URL: <https://github.com/DataResponsibly/DataSynthesizer> (дата обращения 12.01.2024)

16. Han S., Hu X., Huang H., Jiang M., Zhao Y. ADBench: Anomaly Detection Benchmark // *Neural Information Processing Systems (NeurIPS)*. 2022.

17. Minqi824 / ADBench // GitHub.

URL: <https://github.com/Minqi824/ADBench> (дата обращения 23.01.2024)

18. Liu F.T., Ting K.M., Zhou Z. Isolation Forest // *Eighth IEEE International Conference on Data Mining*. 2008. P. 413–422. <https://doi.org/10.1109/ICDM.2008.17>

19. Snoek J., Larochelle H., Adams R.P. Practical Bayesian Optimization of Machine Learning Algorithms // *Advances in Neural Information Processing Systems* 25. 2012.

20. *Yang L., Shami A.* On hyperparameter optimization of machine learning algorithms: Theory and practice // *Neurocomputing*. 2020. V. 415. P. 295–316. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2020.07.061>

---

### **СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ**



**ГУРЬЯНОВ Артем Игоревич** – младший научный сотрудник, Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт».

**Artem Igorevich GURIANOV** –Junior Researcher, National Research Centre “Kurchatov Institute”.

email: [armgnv@gmail.com](mailto:armgnv@gmail.com)

ORCID: 0000-0002-9870-7973

*Материал поступил в редакцию 15 марта 2024 года*

## ЗАВИСИМОСТЬ ПЕРВОЙ ЧАСТОТЫ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ БАЛОЧНОЙ ФЕРМЫ С ТРЕУГОЛЬНОЙ РЕШЕТКОЙ ОТ ЧИСЛА ПАНЕЛЕЙ

М. Н. Кирсанов<sup>1</sup> [0000-0002-8588-3871], А. И. Муницын<sup>2</sup> [0009-0002-8118-0957]

<sup>1, 2</sup>Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва, Россия

<sup>1</sup>c216@ya.ru, <sup>2</sup>munitsyn@rambler.ru

### **Аннотация**

Приведен алгоритм вывода аналитической зависимости наименьшей собственной частоты колебаний плоской статически определимой регулярной фермы от числа панелей. Используются метод Донкерлея и его упрощенный вариант. Показано, что упрощенный вариант дает не только более простую, но и более точную формулу. Предполагается, что масса фермы сконцентрирована в ее узлах, а число степеней свободы конструкции совпадает с числом узлов. Для аналитических преобразований и решения рекуррентных уравнений применена система компьютерной математики Maple. Жесткость фермы рассчитана по формуле Максвелла–Мора.

**Ключевые слова:** Ферма, собственные колебания, частота колебаний, метод Донкерлея, аналитическое решение, Maple, формула Максвелла–Кремоны, регулярная конструкция, рекуррентные уравнения, спектр, изолинии.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Расчет собственных частот колебаний конструкций на практике производится численно в специализированных пакетах, в основе которых лежит метод конечных элементов [1–3]. Для регулярных статически определимых ферм возможно применение аналитического метода Донкерлея. Этот метод дает нижнюю границу первой (основной) частоты [4]. В [5] приведен упрощенный вариант метода Донкерлея, дающий более точное аналитическое решение.

Одно из достоинств аналитических решений – независимость точности решения от порядка регулярности конструкции. Известно, что при большом числе стержней в ферме в процессе численного расчета, включающего в себя обраче-

ние матриц систем линейных уравнений большого порядка, возникает неизбежная ошибка, связанная с накоплением погрешности округления. Аналитический метод свободен от этого недостатка, и это особенно проявляется в регулярных конструкциях.

Впервые проблемами регулярных ферм занялись Р. Хатчинсон и Н. Флек [6, 7]. Формулы для частот колебаний плоских регулярных ферм получены в [8, 9], для пространственной фермы – в [10].

### СХЕМА ФЕРМЫ

На рисунке 1 приведена схема плоской фермы с треугольной решеткой с четным числом панелей  $2n$ , каждая из которых имеет длину  $2a$  и высоту  $h$ .

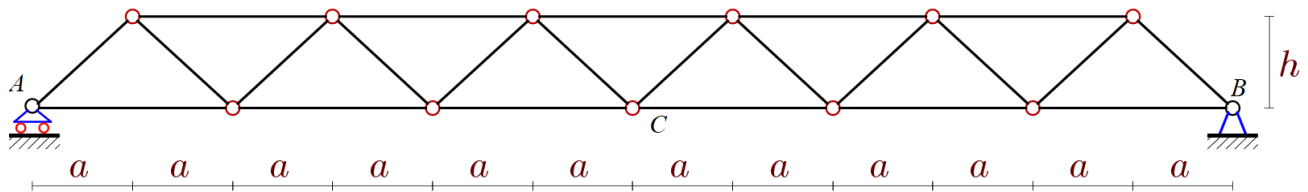


Рис. 1. Ферма,  $n=3$

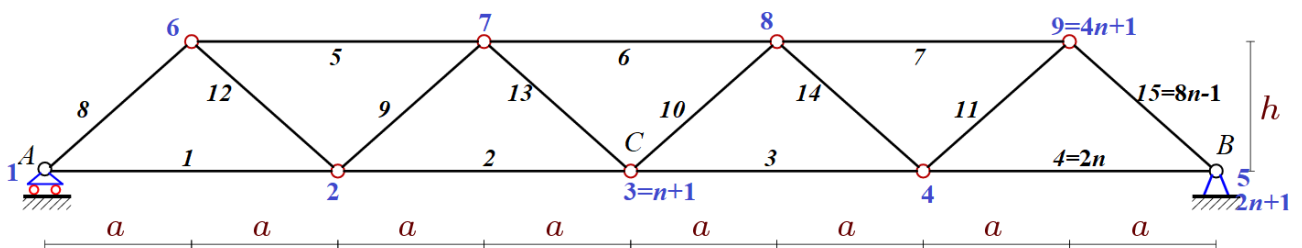


Рис. 2. Нумерация узлов и стержней фермы,  $n=2$

Ферма состоит из  $m = 8n + 2$  стержней общей длиной  $4nc + 2(4n - 1)a$ . В число стержней входят и три опорные стержня, моделирующие подвижную левую и подвижную правую опоры.

Для расчета усилий в стержнях, необходимых для вычисления жесткости фермы по формуле Максвелла–Мора, зададим математическую модель конструкции в декартовой системе координат. Координаты узлов на языке системы компьютерной математики Maple с учетом того, что начало координат находится в опоре А (рис. 2), имеют вид

```
> for i to 2*n+1 do x[i]:=2*a*i-2*a: y[i]:=0: end:
> for i to 2*n do x[i+2*n+1]:=2*a*i-a: y[i+2*n+1]:=h: end:
```

Структуру решетки фермы зададим специальными списками концевых вершин всех стержней конструкции:

```
for i to 2*n do N[i]:=[i,i+1]; end:
for i to 2*n-1 do N[i+2*n]:=[2*n+i+1,i+2*n+2]; end:
for i to 2*n do N[i+4*n-1]:=[i,i+2*n+1];
N[i+6*n-1]:=[1+i,i+2*n+1]; end:
```

Матрица  $G$  системы линейных уравнений равновесия узлов формируется из направляющих косинусов усилий в стержнях фермы в цикле по числу  $m$  стержней в ферме:

```
for i to m do Lxy[1]:=x[N[i][2]]-x[N[i][1]]:
> Lxy[2]:=y[N[i][2]]-y[N[i][1]]:
> L[i]:=sqrt(Lxy[1]^2+Lxy[2]^2):
> for j to 2 do
> k:=2*N[i][2]-2+j:
> if k<=m then G[jj,i]:=-Lxy[j]/L[i]:fi;
> k:=2*N[i][1]-2+j:
> if k<=m then G[jj,i]:= Lxy[j]/L[i]:fi;
> od;
> od:
```

Усилия  $s$  в стержнях, входящие в формулу Максвелла–Мора для расчета жесткости фермы, вычислим из решения системы уравнений методом обратной матрицы:  $G1:=1/G$ :  $S:=G1.B$ :

### МЕТОД ДОНКЕРЛЕЯ

Инерционные свойства фермы будем моделировать одинаковыми массами  $m$ , сосредоточенными в узлах. Таким образом, если не учитывать горизонтальные смещения масс, число степеней свободы равно  $K = 4n + 1$ . Для расчета частот колебаний систему уравнений движения массивных узлов фермы запишем в матричной форме

$$\mu I_K \ddot{Y} + D_K Y = 0, \quad (1)$$

где  $Y$  – вектор смещений узлов фермы по оси  $y$ ,  $\ddot{Y}$  – вектор ускорений,  $I_K$  – еди-

---

ничная матрица,  $D_K$  – матрица жесткости. Для гармонических колебаний с частотой  $\omega$  справедлива замена  $\ddot{Y} = -\omega^2 Y$ . Если умножить слева уравнения (1) на матрицу податливости  $B_K$ , то задачу можно свести к проблеме поиска собственных значений матрицы  $B_K$ :  $B_K Y = \lambda Y$ . Матрица имеет собственные числа  $\lambda = 1 / (\omega^2 \mu)$ . Обратной матрицей жесткости является матрица податливости  $B_K = 1 / D_K$ , значения которой вычисляются по формуле Максвелла–Мора:

$$b_{i,j} = \sum_{\alpha=1}^m S_{\alpha}^{(i)} S_{\alpha}^{(j)} l_{\alpha} / (EF), \quad (2)$$

где  $S_{\alpha}^{(i)}$  – усилие в стержне с номером  $\alpha = 1, \dots, m$  от действия единичной вертикальной силы, приложенной к узлу  $i$ . В число стержней включены и три опорные стержня. Вертикальные опорные стержни взяты длиной  $h$ , длина горизонтального опорного стержня (компонента правой опоры  $B$ ) равна  $a$ . Жесткость  $EF$  всех стержней в ферме взята одинаковой. Для вычисления собственных чисел матрицы и спектра частот в общем случае используются численные методы.

Формула Донкерлея дает нижнюю границу  $\omega_D$  основной частоты  $\omega_1$ :

$$\omega_D^{-2} = \sum_{p=1}^K \omega_p^{-2}, \quad (3)$$

где  $\omega_p$  – парциальная частота груза в узле  $p$ , вычисленная из уравнения его движения:

$$\mu \ddot{y}_p + D_p y_p = 0, \quad p = 1, 2, \dots, K. \quad (4)$$

Коэффициент жесткости  $D_p$  есть величина, обратная податливости, которая вычисляется по формуле Максвелла–Мора

$$\delta_p = 1 / D_p = \sum_{\alpha=1}^m (S_{\alpha}^{(p)})^2 l_{\alpha} / (EF). \quad (5)$$

Из (3) и (5) следует формула для нижней границы первой собственной частоты по Донкерлею

$$\omega_D^{-2} = \mu \sum_{p=1}^K \delta_p = \mu \Delta_n. \quad (6)$$

Расчет сумм  $\Delta_n = \sum_{\alpha=1}^m (S_{\alpha}^{(p)})^2 l_{\alpha} / (EF)$  для ферм с последовательно увеличивающимся числом панелей дает

$$\begin{aligned}\Delta_1 &= (26a^3 + 10c^3 + 15h^3) / (4h^2 EF), \\ \Delta_2 &= 3(252a^3 + 28c^3 + 17h^3) / (8h^2 EF), \\ \Delta_3 &= 13(1298a^3 + 66c^3 + 25h^3) / (36h^2 EF), \\ \Delta_4 &= 17(1384a^3 + 40c^3 + 11h^3) / (16h^2 EF), \\ \Delta_5 &= 7(10222a^3 + 190c^3 + 41h^3) / (20h^2 EF), \dots\end{aligned}$$

В общем случае

$$\Delta_n = (C_1 a^3 + C_2 c^3 + C_3 h^3) / (h^2 EF),$$

где с помощью операторов `rgf_findrecur` и `rsolve` системы Maple вычисляются общие члены последовательностей коэффициентов

$$\begin{aligned}C_1 &= (16n^2 - 1)(32n^2 + 7) / 90, \\ C_2 &= (16n^2 - 1) / 6, \\ C_3 &= (4n + 1)(8n + 1) / (12n).\end{aligned}$$

Формула для нахождения нижней оценки первой частоты по методу Донкерлея получена в виде

$$\omega_D^{-2} = \mu(C_1 a^3 + C_2 c^3 + C_3 h^3) / (h^2 EF). \quad (7)$$

### УПРОЩЕННЫЙ МЕТОД ДОНКЕРЛЕЯ

Недостатком метода Донкерлея является необходимость суммирования в формуле (3). Этот недостаток проявляется только при поиске аналитического решения – не все конечные суммы символьных выражений находятся легко, и не все результаты суммирования имеют простой вид, удобный для практических расчетов. В [5] предложено заменить сумму ее приближенным значением, вычисленным по формуле площади треугольника [11]:

$$\omega_D^{-2} = \mu \sum_{p=1}^K \delta_p = \mu \delta_{\max} K / 2 = \mu \Delta_{\max},$$

где  $\delta_{\max}$  – максимальное значение  $\delta_p$ . Шарнир, смещение которого под действием



силы, приложенной к нему, максимально для конкретной конструкции выбирается опытным путем. В рассматриваемой ферме положение такого шарнира очевидно. Это шарнир  $C$  в нижнем поясе с номером  $n+1$ . Вычислив величину максимального прогиба от единичной силы для разного числа панелей в ферме, получим последовательность

$$\begin{aligned}\Delta_{\max 1} &= 5(6a^3 + 2c^3 + h^3) / (4h^2 EF), \\ \Delta_{\max 2} &= 9(44a^3 + 4c^3 + h^3) / (4h^2 EF), \\ \Delta_{\max 3} &= 13(146a^3 + 6c^3 + h^3) / (4h^2 EF), \\ \Delta_{\max 4} &= 17(344a^3 + 8c^3 + h^3) / (4h^2 EF), \\ \Delta_{\max 5} &= 21(670a^3 + 10c^3 + h^3) / (4h^2 EF), \dots\end{aligned}$$

Обобщение этого ряда на произвольное число панелей дает формулу

$$\Delta_{\max} = (4n + 1)(2(8n^2 + 1)na^3 + 6nc^3 + 3h^3) / (12h^2 EF).$$

Отсюда формула для первой частоты по упрощенному методу Донкерлея примет вид

$$\omega_* = 2h \sqrt{\frac{3EF}{\mu(4n + 1)(2(8n^2 + 1)na^3 + 6nc^3 + 3h^3)}}. \quad (8)$$

### СРАВНЕНИЕ РЕШЕНИЙ. ЧИСЛЕННЫЙ РАСЧЕТ

Аналитическое решение (7) по методу Донкерлея и решение (8) сравним с численным решением для первой частоты колебаний фермы с  $K$  степенями свободы. Для примера приняты длина панели  $a = 3\text{м}$ , площадь поперечного сечения стержней  $F = 4\text{см}^2$ , модуль упругости материала стержней  $E = 2,1 \cdot 10^5 \text{МПа}$ , массы в узлах  $\mu = 100\text{кг}$ . На рисунке 4 приведены кривые зависимости от числа панелей частот  $\omega_D$  и  $\omega_*$ , полученных аналитически, и частоты  $\omega_1$ , найденной численно. При расчете численного решения отыскивалось максимальное собственное число матрицы  $B_K$ . Для этого использовалась та же программа системы Maple, что и при поиске аналитического решения, но в численной моде с применением встроенных операторов поиска собственных чисел матрицы.

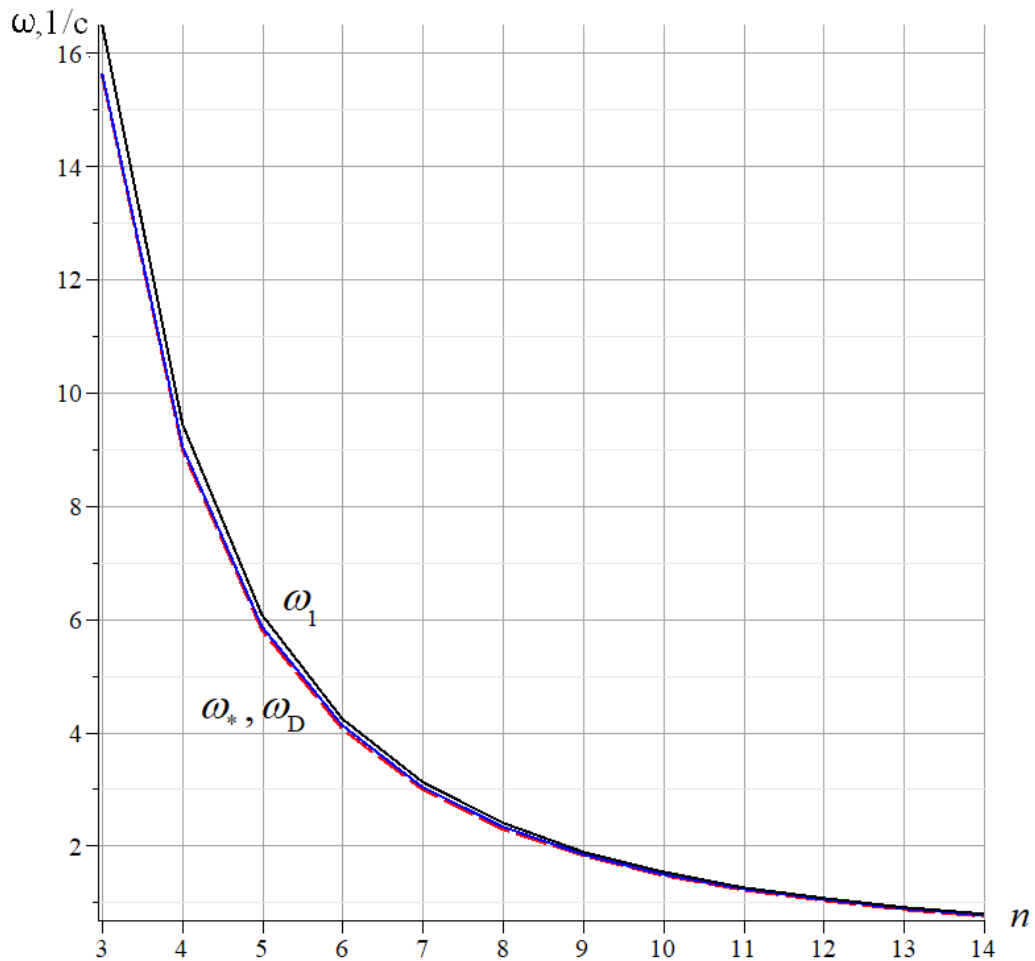


Рис. 3. Зависимость первой частоты собственных колебаний фермы от числа панелей при  $h=2$  м.

С увеличением числа панелей собственная частота монотонно уменьшается. Все три метода дают весьма близкие результаты. Уточнить погрешности аналитических методов можно, введя относительные величины

$$\varepsilon_D = (\omega_1 - \omega_D) / \omega_1, \quad \varepsilon_* = |\omega_1 - \omega_*| / \omega_1.$$

На рисунке 4 показано, что точность упрощенного метода Донкерлея заметно выше, чем у исходного метода. Кроме того, на точность методов влияет и высота фермы. Эта зависимость отражена на рисунке 5, на котором видно, что погрешности методов с увеличением высоты растут.

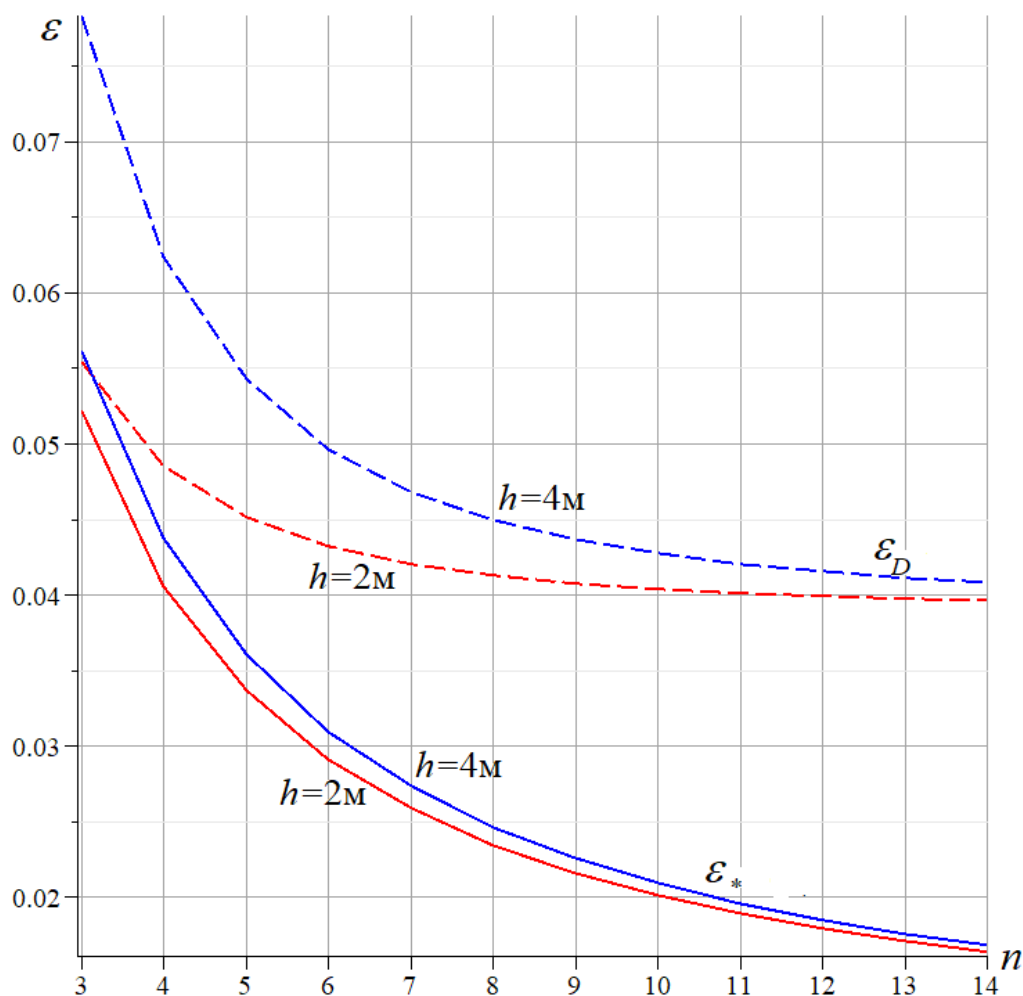


Рис. 4. Зависимости погрешностей аналитических методов от числа панелей

### СПЕКТР СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ

Численный расчет спектров собственных частот колебаний ферм разного порядка регулярности обнаруживает полезные закономерности [8]. Кривые на рисунке 6 состоят из точек, соответствующих собственным частотам из спектров ферм определенного порядка регулярности. На оси абсцисс  $j$  – номер частоты. Расчет выполнен при тех же размерах и массах ферм, что и на рисунке 3. Например, ферме с одной панелью соответствует ломаная  $n=1$  из  $K = 4 \cdot 1 + 1 = 5$  точек по числу степеней свободы.

Очевидны, по крайней мере, три закономерности, характерные для спектров рассматриваемой фермы. Во-первых, расчеты, выполненные с большой точностью, показывают, что для ферм произвольного порядка высшие частоты кратны и одинаковы. Это характеризуется спектральной константой III. Прямые I и II – это также

спектральные константы, к которым асимптотически стремятся спектральные изолинии. Эти линии соединяют точки частот в спектрах ферм разного порядка с подобными номерами. Например, линия А соединяет частоту 2 из спектра фермы первого порядка, частоту 3 из спектра фермы второго порядка и т. д. В общем случае линия А, асимптотически стремящаяся к спектральной константе I, состоит из частот  $\Omega_k^{k+1}$ . Нижний индекс в этом обозначении – порядок фермы, верхний – номер частоты в спектре.

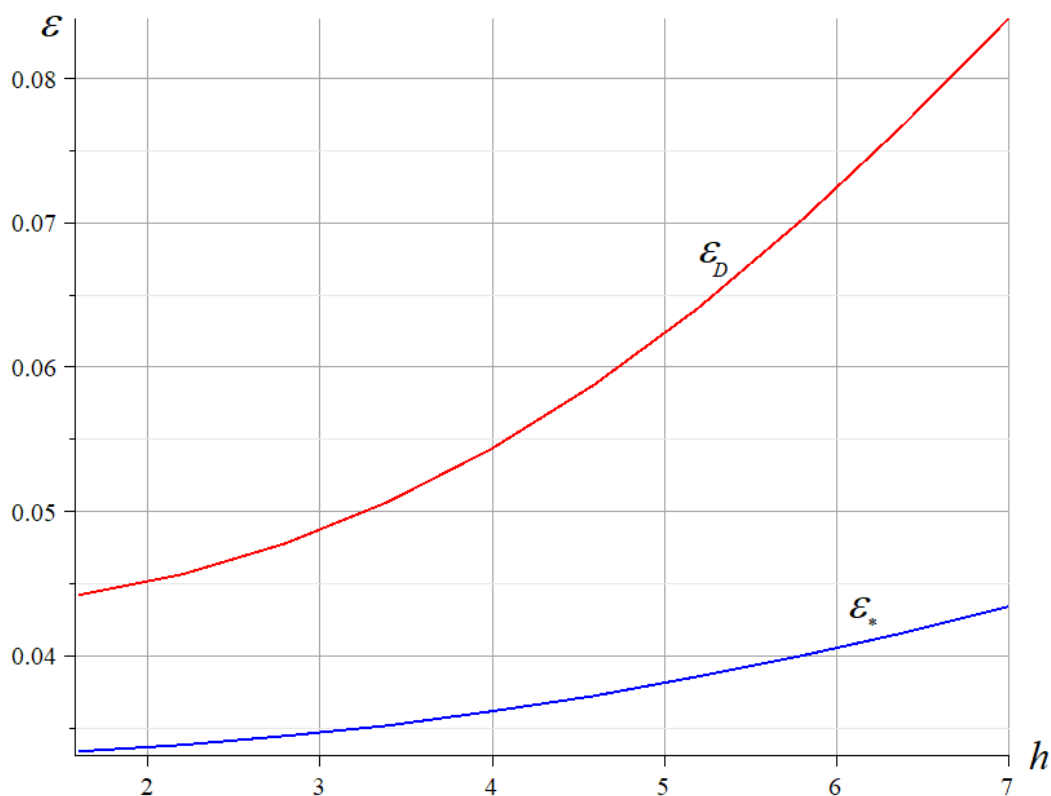


Рис. 5. Зависимости погрешностей аналитических методов от высоты фермы;  
 $n=5, a=3$  м.

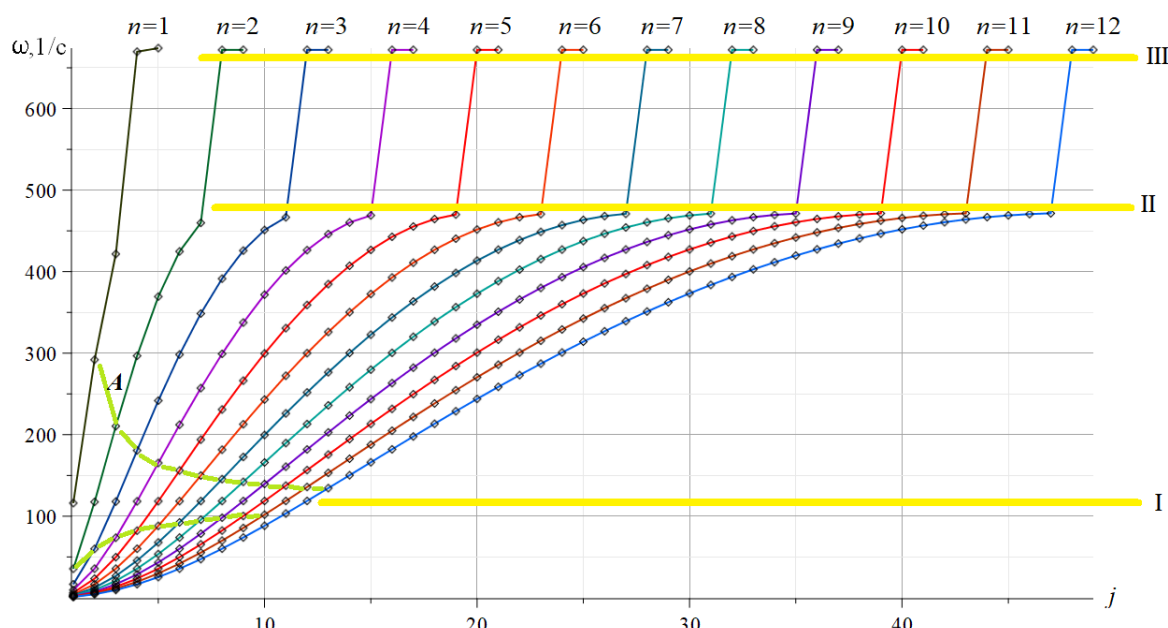


Рис. 6. Объединенный спектр собственных частот семейства регулярных ферм порядка  $n=1, 2, \dots, 12$ ;  $a=3$  м,  $h=2$  м.

Для практического применения информация о спектральных константах и изолиниях дает возможность получать частоты или их приближенные оценки для ферм большого порядка, для которых требуются объемные вычисления, по результатам расчетов простых ферм небольшого порядка. Безусловно, знание высших частот собственных колебаний конструкций не так остро необходимо, как информация о первой частоте. Однако при решении задач о возможности появления резонанса, например, при установке на ферме устройств, задающих вынужденные колебания на высокой частоте, информация о спектральных константах и изолиниях различного порядка может быть полезна.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На примере стандартной схемы балочной фермы с треугольной решеткой дано сравнение двух аналитических методов расчета первой (основной) собственной частоты колебаний фермы. Аналитические решения получены методом индукции для произвольного числа панелей. Показано, что предлагаемое упрощение метода Донкерлея дает решение не только более простое, но и более точное. Исследовано влияние высоты фермы на погрешность аналитических решений. Найдены некоторые закономерности объединенного спектра собственных частот семейства регулярных ферм.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ignatyev A.V., Ignatyev V.A.* On the Efficiency of the Finite Element Method in the Form of the Classical Mixed Method // *Procedia Engineering*. 2016. V. 150. P. 1760–1765. <https://doi.org/10.1016/J.PROENG.2016.07.167>

2. *Коваленко Г.В., Макеев В.Б., Дементьева В.В.* Исследование частот собственных колебаний ферм на основе метода конечных элементов (МКЭ) // *Молодая мысль: Наука, технологии, инновации*. 2015. С. 44–48.

3. *Цуканова Е.С.* Расчет вынужденных колебаний стержневых систем методом конечных элементов с применением динамического конечного элемента // *Транспортное машиностроение*. 2015. № 2 (46). С. 93.

4. *Kirsanov M.N.* Formulas for the fundamental frequency of natural oscillations of a planar regular truss // *Строительная механика инженерных конструкций и сооружений*. 2023. Т. 19. № 6. С. 551–559. <https://doi.org/10.22363/1815-5235-2023-19-6-551-559>

5. *Kirsanov M.* Formula for natural frequency oscillation truss with an arbitrary number of panels // *Construction of Unique Buildings and Structures*. 2023. V. 109 Article 10918. <https://doi.org/10.4123/CUBS.109.18>

6. *Hutchinson R.G., Fleck N.A.* Microarchitected cellular solids – The hunt for statically determinate periodic trusses // *ZAMM Zeitschrift fur Angewandte Mathematik und Mechanik*. 2005. V. 85, No. 9. P. 607–617. <https://doi.org/10.1002/zamm.200410208>.

7. *Hutchinson R.G., Fleck N.A.* The structural performance of the periodic truss // *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*. 2006. V. 54, No. 4. P. 756–782. <https://doi.org/10.1016/j.jmps.2005.10.008>.

8. *Комерзан Е.В., Маслов А.Н.* Аналитическая оценка основной частоты собственных колебаний регулярной фермы // *Строительная механика и конструкции*. 2023. №2 (37). С. 17–26. <https://doi.org/10.36622/VSTU.2023.37.2.002>

9. *Щиголь Е.Д.* Формула для нижней оценки собственных колебаний плоской регулярной балочной фермы с прямолинейным верхним поясом // *Строительная механика и конструкции*. 2023. №2 (37). С. 46–53. <https://doi.org/10.36622/VSTU.2023.37.2.005>

10. *Комерзан Е.В., Маслов А.Н.* Оценка основной частоты колебаний Г-образной пространственной фермы // *Строительная механика и конструкции*. 2023.

---

№2 (37). C. 35–45. <https://doi.org/10.36622/VSTU.2023.37.2.004>

11. Kirsanov M. Simplified Dunkerley method for estimating the first oscillation frequency of a regular truss // Construction of Unique Buildings and Structures. 2023. V. 108, Article 10801. <https://doi.org/10.4123/CUBS.108.1>

---

## DEPENDENCE OF THE FIRST FREQUENCY OF NATURAL VIBRATIONS OF A BEAM TRUSS WITH A TRIANGULAR LATTICE ON THE NUMBER OF PANELS

M. N. Kirsanov<sup>1</sup> [0000-0002-8588-3871], A. I. Munitsyn<sup>2</sup> [0009-0002-8118-0957]

<sup>1,2</sup>National Research University "MPEI, Moscow, Russia

<sup>1</sup>c216@ya.ru, <sup>2</sup>munitsyn@rambler.ru

### Abstract

An algorithm is given for deriving the analytical dependence of the smallest natural frequency of oscillations of a plane statically determinate regular truss on the number of panels. The Dunkerley method and its simplified version were used. It is shown that the simplified version gives not only a simpler, but also a more accurate formula. It is assumed that the mass of the truss is concentrated in its nodes, and the number of degrees of freedom of the structure coincides with the number of nodes. For analytical transformations and solving recurrent equations, the Maple computer mathematics system was used. The truss stiffness is calculated using the Maxwell–Mohr formula.

**Keywords:** *Truss, natural oscillations, oscillation frequency, Dunkerley method, analytical solution, Maple, Maxwell–Mohr's formula, regular construction, recurrent equations, spectrum, isolines.*

### REFERENCES

1. Ignatyev A.V., Ignatyev V.A. On the Efficiency of the Finite Element Method in the Form of the Classical Mixed Method // Procedia Engineering. 2016. V. 150. P. 1760–1765. <https://doi.org/10.1016/J.PROENG.2016.07.167>

---

2. *Kovalenko G.V., Makeev V.B., Dementieva V.V.* Study of natural vibration frequencies of farms based on the finite element method (FEM) // *Young thought: Science, technology, innovation*. 2015. P. 44–48.

3. *Tsukanova E.S.* Calculation of forced vibrations of rod systems by the finite element method using a dynamic finite element // *Transport engineering*. 2015. No. 2 (46). P. 93.

4. *Kirsanov M.N.* Formulas for the fundamental frequency of natural oscillations of a planar regular truss // *Structural mechanics of engineering structures and structures*. 2023. 19. 6. P. 551–559.

<https://doi.org/10.22363/1815-5235-2023-19-6-551-559>

5. *Kirsanov M.* Formula for natural frequency oscillation truss with an arbitrary number of panels. *Construction of Unique Buildings and Structures*. 2023. V. 109, Article 10918. <https://doi.org/10.4123/CUBS.109.18>

6. *Hutchinson R.G., Fleck N.A.* Microarchitected cellular solids – The hunt for statically determinate periodic trusses // *ZAMM Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Mechanik*. 2005. V. 85, No. 9. P. 607–617.

<https://doi.org/10.1002/zamm.200410208>.

7. *Hutchinson R.G., Fleck N.A.* The structural performance of the periodic truss // *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*. 2006. V. 54, No. 4. P. 756–782.

<https://doi.org/10.1016/j.jmps.2005.10.008>

8. *Komerzan E.V., Maslov A.N.* Analytical assessment of the fundamental frequency of natural vibrations of a regular truss // *Structural mechanics and structures*. 2023. V. 2, No. 37. P. 17–26. <https://doi.org/10.36622/VSTU.2023.37.2.002>

9. *Shchigol E.D.* Formula for the lower estimate of natural vibrations of a flat regular beam truss with a rectilinear upper chord // *Structural mechanics and structures*. 2023. V. 2, No. 37. P. 46–53.

<https://doi.org/10.36622/VSTU.2023.37.2.005>

10. *Komerzan E.V., Maslov A.N.* Estimation of the fundamental vibration frequency of an L-shaped spatial truss // *Structural mechanics and structures*. 2023. V. 2, No. 37. P. 35–45. <https://doi.org/10.36622/VSTU.2023.37.2.004>

11. *Kirsanov M.* Simplified Dunkerley method for estimating the first oscillation frequency of a regular truss // *Construction of Unique Buildings and Structures*. 2023. V. 108, Article 10801. <https://doi.org/10.4123/CUBS.108.1>



## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ



**КИРСАНОВ Михаил Николаевич** Д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры робототехники, мехатроники, динамики и прочности машин., Национальный исследовательский университет «МЭИ». Россия, г. Москва.

**Mikhail Nikolaevich KIRSANOV** Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of the Department of Robotics, Mechatronics, Dynamics, and Strength of Machines, National Research University "MPEI. Moscow, Russia.

e-mail: c216@ya.ru

ORCID: 0000-0002-8588-3871



**МУНИЦЫН Александр Иванович** Д-р техн. наук, профессор кафедры робототехники, мехатроники, динамики и прочности машин., Национальный исследовательский университет «МЭИ». Россия, г. Москва.

**Alexander Ivanovich MUNITSYN** Dr. Tech. Sciences, Professor of the Department of Robotics, Mechatronics, Dynamics, and Strength of Machines, National Research University "MPEI". Russia, Moscow.

email: munitsyn@rambler.ru

ORCID: 0009-0002-8118-0957

*Материал поступил в редакцию 17 марта 2024 года*

УДК 026.06

## **О СЕРЬЕЗНОМ И СМЕШНОМ В НАУКЕ (ПО МАТЕРИАЛАМ ЭЛЕКТРОННЫХ БИБЛИОТЕК)**

**Ю. Е. Поляк**<sup>[0000-0001-8411-335X]</sup>

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Центральный экономико-математический институт Российской академии наук,  
117418 Москва, Нахимовский пр. д.47*

polak@cemi.rssi.ru

### **Аннотация**

Электронные библиотеки (ЭБ) и архивы аккумулируют гигантские объемы разнообразной информации. Задача данной работы – не стараясь охватить необъятное, попытаться на сравнительно небольшом количестве ярких примеров проследить, как в ЭБ отражаются вопросы научного творчества; обсудить и развеять стереотипные представления об ученых как о нелюдимых педантичных формалистах либо эксцентричных рассеянных чудаках; показать, как особенности их мыслительных процессов в сочетании с высоким интеллектом могут вызвать непонимание в быту. В то же время эти качества в сочетании с оригинальностью мышления, порой переходящей в парадоксальность, проявляются в нестандартных подходах к задачам, нетривиальных решениях, ироничном отношении к окружающей действительности. Как следствие, наряду с серьезными результатами рождаются неожиданные ассоциации и аналогии, шутки, остроты, анекдоты. В работе рассмотрены примеры творчества ученых в профессиональной сфере, а также произведения в таких жанрах, как фантастика, утопия, юмор, авторская песня. Используются материалы 20+ электронных библиотек.

**Ключевые слова:** *электронные библиотеки, образ ученого, научное творчество, юмор, авторская песня.*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Те, кто не умеет работать с интернетом, называют его информационной свалкой, помойкой. На деле это уникальное средство коммуникации, источник

разнообразных сервисов и – далеко не в последнюю очередь – огромное хранилище информации, в том числе научной. Она сконцентрирована в базах данных, электронных библиотеках (ЭБ), научных депозитариях и архивах. В 1991 году Пол Гинспарг основал открытый депозитарий arXiv<sup>1</sup> на базе Лос-Аламосской национальной лаборатории. Сегодня это крупнейший бесплатный архив научных публикаций в области физики, математики, астрономии, информатики и биологии, содержащий порядка 2.4 миллионов научных статей. Именно на сайте arXiv.org Г.Я. Перельман в 2002–2003 годах опубликовал три знаменитые статьи<sup>2</sup>, в которых изложил оригинальный метод доказательства гипотезы Пуанкаре.

В 2007 году по программе Президиума РАН начата работа над ЭБ «Научное наследие России»<sup>3</sup> — это академическая научная электронная библиотека литературы и музейных экспонатов, поддерживаемая Межведомственным суперкомпьютерным центром РАН. Информационное наполнение выполняют учреждения Российской академии наук (лет 10 назад ответственным исполнителем от ЦЭМИ РАН был и автор). Сейчас в библиотеке представлены десятки тысяч отсканированных публикаций, в том числе уникальные издания, начиная с XVIII века. Можно указать более богатые и представительные коллекции литературы, но эту библиотеку отличает тщательный, подлинно научный подход к ее комплектованию. Вспоминается афоризм «чистая математика делает то, что можно, так, как нужно, а прикладная – то, что нужно, так, как можно». Этот проект делается так, как нужно. Такие же принципы, которые можно назвать эталонными, лежали в основе Фундаментальной электронной библиотеки «Русская литература и фольклор»<sup>4</sup>: ей были присущи «системность формирования электронного фонда и высокое качество представления информации, которое обеспечивается точностью воспроизведения и описания текстовых, изобразительных и звуковых материалов»<sup>5</sup>. К сожалению, у небольшого коллектива не хватило ресурсов для реализации задуманного, но собранные материалы остаются доступными.

---

<sup>1</sup> <https://arxiv.org>

<sup>2</sup> [arXiv:math/0211159](https://arxiv.org/abs/math/0211159), [arXiv:math/0303109](https://arxiv.org/abs/math/0303109), [arXiv:math/0307245](https://arxiv.org/abs/math/0307245)

<sup>3</sup> <http://www.e-heritage.ru>

<sup>4</sup> <https://feb-web.ru>

<sup>5</sup> [https://feb-web.ru/feb/feb/media/20060124\\_gorby.htm](https://feb-web.ru/feb/feb/media/20060124_gorby.htm)

---

Немало в сети текстов, где обсуждаются вопросы психологии научного творчества, мыслительного процесса ученых. Мозг работает непрерывно, он начинает генерировать идеи с момента пробуждения. Поэтому ученые могут выглядеть задумчивыми и отстраненными, не всегда адекватно реагировать на слова окружающих. От них порой исходят неожиданные высказывания, необычные поступки, оригинальные суждения.

В то же время многим ученым благодаря высокому интеллекту свойственно хорошее чувство юмора. Им принадлежат блестящие остроты, шутки, афоризмы. Среди них много авторов замечательных песен и художественных произведений. Да и научные тексты (особенно научно-популярные) вовсе не обязаны быть сухими, строгими, перегруженными специальной лексикой. Обо всем этом и пойдет речь далее.

### **ОБРАЗЫ УЧЕНЫХ В ЖИЗНИ, КИНО И ЛИТЕРАТУРЕ**

В ходе дискуссии на проекте «Культура повседневности»<sup>6</sup> один из участников заявил, что «сейчас у нас в стране нет образа ученого. Был образ дореволюционного ученого, это такой Павлов с бородой и в пенсне, который одновременно не признает ни царя, ни большевиков, с очень жесткой этикой, эдакий аристократ университета. Был образ советского ученого: немного взъерошенный, с чертежами, который что-то открывает и запускает. В 1960-е появились героические образы физиков-ядерщиков, ученые и космонавты стали частью новой мифологии. Был образ ученого девяностых — несчастный подвижник в рваном пиджаке брежневской эпохи, который в разрушенном институте что-то открывает, постепенно утекают его мозги на Запад ... А сейчас нет образа». Собеседник в ответ назвал имена конкретных людей: первый — «вполне типичный российский ученый. Ему лет 35–40, он хорошо одетый, умный, острый на язык и любимец женщин». Второй — один из двух человек, который пересаживал голову собаки. «Ему 96, он прекрасно одевается, он любимец студенток и очень остер на язык. Любой нормальный современный ученый в России в первую очередь с хорошим чувством юмора и, как ни странно, опрятный».

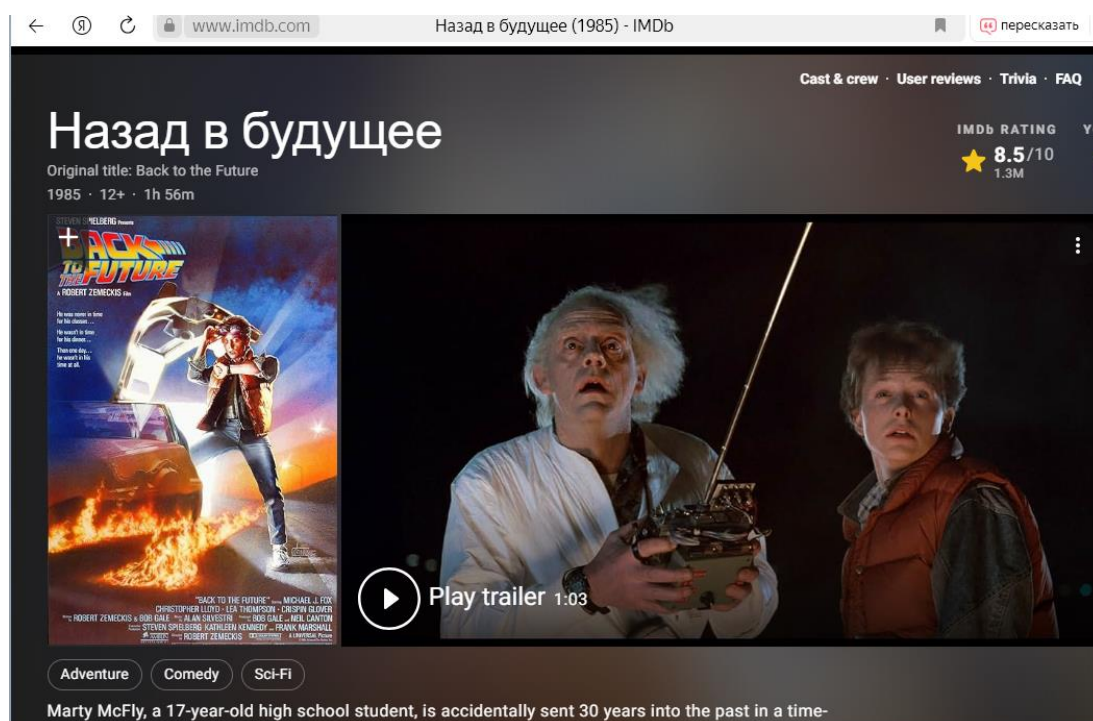
---

<sup>6</sup> <https://snob.ru/selected/entry/92985/>

Возможны и другие варианты. Упомянувшийся Г.Я. Перельман известен широкой публике экстравагантным поведением (ведет замкнутый образ жизни, равнодушен к своему внешнему виду, отказывается от премий и наград)<sup>7</sup>. Однако гораздо менее нормальным можно считать поведение гонящихся за гениальным ученым журналистов, которых интересуют только сенсации и скандалы.

Попытки создать обобщенный образ ученого бесперспективны; их черты богаты и разнообразны (ср. «Если вы такие умные, почему не ходите строем?»).

Вспомним некоторых разноплановых персонажей известных произведений. Самый запоминающийся герой популярной кинотрилогии «Назад в будущее»<sup>8</sup> – изобретатель машины времени Эмметт Браун.



Этот скриншот взят с сайта крупнейшей в мире базы данных о кинематографе Internet Movie Database (IMDb)<sup>9</sup>. База начала работать 17 октября 1990 года, в 1993 году она появилась на сервере Кардиффского университета в Уэльсе. В январе 1996 года была образована компания «Internet Movie Database, Ltd», которой с 1998 года владеет Amazon.com. По состоянию на весну 2024 года в базе

<sup>7</sup> Непростой характер был и у К.Э. Циолковского – см. <https://www.kommersant.ru/doc/2289495>

<sup>8</sup> <https://www.imdb.com/title/tt0088763>

<sup>9</sup> <https://www.imdb.com>

584,271,763 записей о кинофильмах, телесериалах, а также о 10 с лишним миллионах персоналий, связанных с кино и телевидением, – актёрах, режиссёрах, сценаристах и других<sup>10</sup>.

Доктор Браун унаследовал отдельные черты Жака Элиасена Франсуа Мари Паганеля. Оба преданы науке, чудаковаты, рассеяны, непрактичны, добродушны. В базе IMDb можно найти советские фильмы 1936<sup>11</sup> и 1986<sup>12</sup> годов, а также самую первую (1914) экранизацию «Детей капитана Гранта» Ж. Верна – естественно, французскую: *Les enfants du capitaine Grant*<sup>13</sup>.

Разнообразны, но по-своему гениальны булгаковские персонажи. Профессора Преображенский («Собачье сердце») и Персикив («Роковые яйца») увлечены экспериментами, упорны и энергичны; один выполняет уникальную операцию, второй открывает необычайный луч, похожий на «красный оголённый меч», способный многократно ускорять развитие живых организмов (напомним, другой волшебный луч создал расчетливый и циничный инженер Гарин). Еще один гений, изобретатель Тимофеев (в оригинальной пьесе «Иван Васильевич» – Николай, а в кинофильме – Шурик), как и док Браун, построил машину времени, правда, действующую только во сне.

Несколько слов о булгаковских экранизациях. В 1988 г. появился телефильм «Собачье сердце» В. Бортко. Разумеется, он есть в базе IMDb<sup>14</sup>, как и фильм 1976 года Альберто Латтуады *Cuore di cane*<sup>15</sup> с участием Макса фон Зюдова, из которого Бортко «творчески позаимствовал» массу мизансцен и кадров. Из той же базы автор с удивлением узнал о существовании двух фильмов «Роковые яйца»: в 1992 г. в роли профессора Персикова снялся Ю. Яковлев<sup>16</sup>, а в 1996 – О. Янковский<sup>17</sup>. И, конечно, там представлена фантазия Л. Гайдая на тему пьесы «Иван Васильевич»<sup>18</sup>. Текст самой пьесы можно прочесть в знаменитой библиотеке Максима

---

<sup>10</sup> <https://www.imdb.com/pressroom/stats>

<sup>11</sup> <https://www.imdb.com/title/tt0027516>

<sup>12</sup> <https://www.imdb.com/title/tt0088635>

<sup>13</sup> <https://www.imdb.com/title/tt0449233>

<sup>14</sup> <https://www.imdb.com/title/tt0096126>

<sup>15</sup> <https://www.imdb.com/title/tt0072837>

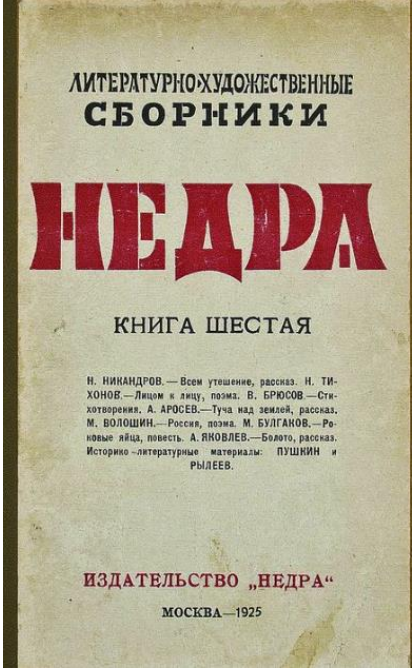
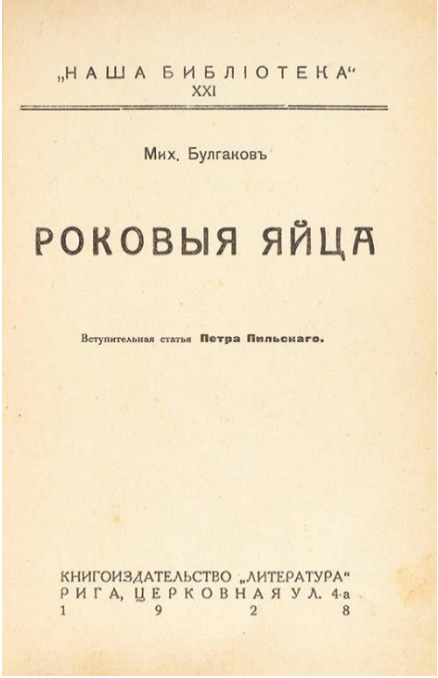
<sup>16</sup> <https://www.imdb.com/title/tt14237506>

<sup>17</sup> <https://www.imdb.com/title/tt0117508>

<sup>18</sup> <https://www.imdb.com/title/tt0070233>

---

Мошкова, открытой еще в 1994 году<sup>19</sup>. Там же есть и повесть «Роковые яйца»<sup>20</sup> – это единственное из упомянутых произведений М.А. Булгакова, изданное при жизни автора [1]. Обложки первых изданий (Москва, 1925 и Рига, 1928) взяты с сайтов аукционных домов «Империия» и «Литфонд».

	
<p><a href="http://www.auction-imperia.ru/wdate.php?t=booklot&amp;i=29620">http://www.auction-imperia.ru/wdate.php?t=booklot&amp;i=29620</a></p>	<p><a href="https://img01litfund.ru/images/lots/90s1/90s1-225-2159-38-VB249257.jpg">https://img01litfund.ru/images/lots/90s1/90s1-225-2159-38-VB249257.jpg</a></p>

С базой IMDb у автора связан интересный эпизод. В детстве бабушка, преподаватель математики, рассказывала ему, что одна из ее учениц стала кинорежиссером. Много лет спустя, проводя в МГУ лабораторные занятия по своему спецкурсу о методах информационного поиска, он заметил, что одна студентка рассматривает в IMDb страницу, посвященную этому режиссеру<sup>21</sup> (конечно же, не «режиссерке», да и верховный суд в своем одиозном решении от 30 ноября 2023 г. по делу №АКПИ23-990с<sup>22</sup> феминитивы не одобряет). Студентка оказалась

<sup>19</sup> [http://lib.ru/BULGAKOW/ivan\\_vas.txt](http://lib.ru/BULGAKOW/ivan_vas.txt)

<sup>20</sup> <http://lib.ru/BULGAKOW/eggs.txt>

<sup>21</sup> <https://www.imdb.com/name/nm0541298>

<sup>22</sup> [https://vk.com/doc558256160\\_670816166](https://vk.com/doc558256160_670816166)



ее внучкой, она успешно окончила университет, защитила диссертацию и сейчас занимает высокий пост в Высшей школе экономики.

Вернемся к классическим произведениям, где фигурируют ученые. В одном из писем А.С. Суворину А.П. Чехов так отзывается о профессоре Серебрякове из «Дяди Вани»: «В пьесе речь идет о человеке нудном, себялюбивом, деревянном, читающем об искусстве 25 лет и ничего не понимающем в нем; о человеке, навещающем на всех уныние и скуку, не допускающем смеха и музыки и проч. и при всем том необыкновенно счастливым»<sup>23</sup> – см. ЭБ «Антон Павлович Чехов».

В горьковском «Детстве» наибольшие симпатии вызывает персонаж по прозвищу «Хорошее Дело». Это «худощавый сутулый мужчина, с белым лицом в черной раздвоенной бородке, с добрыми глазами, в очках. Был он молчалив, незаметен»<sup>24</sup>. Целыми днями он колдовал над какими-то загадочными чертежами, что-то плавил, паял, смешивал жидкости в баночках. Автор «быстро и крепко привязался к Хорошему Делу, он стал необходим и во дни горьких обид, и в часы радостей». Впоследствии он назвал своего друга «первым человеком из бесконечного ряда чужих людей в родной своей стране, лучших людей её». Цитируемые фрагменты взяты из полнотекстовой ЭБ «Максим Горький».

Значительно ближе к нашему времени книги, в которых воссозданы образы крупнейших отечественных ученых. В основу трилогии «Открытая книга» В.А. Каверина (Зильбера) положена биография его родственницы, создательницы советских антибиотиков З.В. Ермольевой [2]. Библиотека Мошкова предлагает электронную версию книги<sup>25</sup>. Две повести Д.А. Гранина (Германа) составили 5-й том его собрания сочинений [3]: «Зубр» (об основоположнике радиационной генетики Н.В. Тимофееве-Ресовском) на стр. 5–364 и «Эта странная жизнь» (о биологе А.А. Любищеве) – на стр. 365–510<sup>26</sup>. Оба ученых долгое время были признаны во всем мире, но только не у себя на родине.

---

<sup>23</sup> <http://chegov-lit.ru/chegov/letters/1888-1889/letter-702.htm>

<sup>24</sup> <http://gorkiy-lit.ru/gorkiy/proza/detstvo/detstvo-8.htm>

<sup>25</sup> [http://vgershov.lib.ru/ARCHIVES/K/KAVERIN\\_Veniamin\\_Aleksandrovich/\\_Kaverin\\_V.A.html](http://vgershov.lib.ru/ARCHIVES/K/KAVERIN_Veniamin_Aleksandrovich/_Kaverin_V.A.html)

<sup>26</sup> В Библиотеке Мошкова помечено: «Не публикуется по требованию правообладателя».  
[http://vgershov.lib.ru/ARCHIVES/G/GRANIN\\_Daniil\\_Aleksandrovich/\\_Granin\\_D.A.html](http://vgershov.lib.ru/ARCHIVES/G/GRANIN_Daniil_Aleksandrovich/_Granin_D.A.html)

---



Многие электронные библиотеки посвящены фантастике, среди них «Мир фантастики»<sup>27</sup>, «Лаборатория фантастики»<sup>28</sup>, «Миры Фэнтези»<sup>29</sup>, «Библиотека фантастики и фэнтези»<sup>30</sup>; раздел Библиотеки Мошкова<sup>31</sup>. В них, в частности, широко представлено творчество братьев Стругацких. Галерея колоритных персонажей населяет институт НИИЧАВО из книги «Понедельник начинается в субботу» [4]. Почти все они – энтузиасты и оптимисты и при всех различиях имеют общее качество: они умные. Их необычность и гениальность настолько непонятны окружающим, что кажутся граничащими с безумием.

Заметим, быт советского НИИ Стругацким знаком не понаслышке. Аркадий некоторое время работал в Институте научной информации АН СССР (будущем ВИНТИ), Борис – на счётной станции Пулковской обсерватории (сейчас сказали бы: в вычислительном центре).

Выдающегося исследователя отличает от остальных в первую очередь оригинальность мышления. Он думает не так, как все, и в глазах обывателей кажется ненормальным. Но вся история науки показывает, что отдельные личности часто были более правы в своих утверждениях, чем целые корпорации ученых или сотни и тысячи исследователей [5].

## **О НАУЧНОМ ТВОРЧЕСТВЕ**

Природа научного творчества, механизм возникновения открытий вызывают неизменный интерес, но их изучение часто сводится к описанию различных «кейсов», представленных в сети. Обратимся к проекту Математического института им. В.А. Стеклова РАН – общероссийскому portalу Math-Net.Ru<sup>32</sup>. Это информационная система, предоставляющая российским и зарубежным ученым различные возможности поиска научной информации по математике, физике, информационным технологиям и смежным наукам. В мае 2024 года там хранятся данные о 155 журналах, 167434 авторах, тексты 324998 научных статей. Одна из

---

<sup>27</sup> <https://mir-fantastiki.ru>

<sup>28</sup> <https://fantlab.ru>

<sup>29</sup> <https://fantasy-worlds.ru>

<sup>30</sup> <https://www.fant-lib.ru>

<sup>31</sup> <http://lib.ru/RUFANT>

<sup>32</sup> <https://www.mathnet.ru>

---

них называется «Гениальность»<sup>33</sup> и посвящена памяти выдающегося ученого, академика И.Р. Шафаревича (которому автор сдавал экзамен по линейной алгебре). Математик И.А. Лаппо-Данилевский в молодости был вынужден сменить ряд профессий, в частности, он работал председателем правления кооператива по адресу: 6 линия Васильевского острова, д. 5/5, и при этом продолжал заниматься математикой. Ему долго не удавалось построить функцию с некоторыми специальными свойствами. Цитируем [6]. «Однажды ему приснился сон, будто он сидит в своем кабинете в домоуправлении, и к нему на прием приходит женщина. Пожилая, некрасивая, плохо одетая. Она молча кладет на стол заявление: «Управдому Лаппо-Данилевскому. Прошу разрешить продифференцировать под знаком интеграла следующую функцию» (следуют формула, число и подпись). Иван Александрович накладывает резолюцию: «Разрешаю». Женщина радостно благодарит и выходит. Иван Александрович просыпается. В полубредовом состоянии он записывает формулу на клочке газеты обломком обгорелой спички и засыпает. Наутро он вспоминает свой странный сон, смотрит на запись, и только тут до него доходит. Функция, которую эта бедная женщина так смиренно просила его как управдома, ради бога, разрешить ей продифференцировать под знаком интеграла – это та самая, позарез необходимая ему функция»<sup>34</sup>.

Значительно более известен другой случай. Анри Пуанкаре живо описывает свое озарение. «Мы сели в омнибус для какой-то прогулки. И ровно в тот момент, когда я поставил ногу на ступеньку, ко мне неожиданно пришла в голову идея, никак не связанная с тем, о чем я думал до этого: о том, что преобразования, которые я использовал, чтобы определить автоморфные функции, были тождественны преобразованиям неевклидовой геометрии» [7, 8]. Это описание можно найти в электронной библиотеке по математике и вопросам ее преподавания

---

<sup>33</sup> <https://www.mathnet.ru/links/390a75807012b93ff6ca59537a4c8635/mo626.pdf>

<sup>34</sup> Во сне якобы был открыт и периодический закон, но есть и другие мнения: см. [https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya\\_biblioteka/434620/Otkrytie\\_periodicheskogo\\_zakona\\_tri\\_zagadki\\_i\\_odna\\_legenda](https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/434620/Otkrytie_periodicheskogo_zakona_tri_zagadki_i_odna_legenda).

---

«Математическое образование»<sup>35</sup>, а также в обширных подборках математической литературы, поддерживаемых профессорами В.Е. Пырковым<sup>36</sup> и Н.А. Балониным<sup>37</sup>, разработчиком математической сети Скайнет и технологии верстки физико-математической литературы с исполняемыми алгоритмами.

### О НАУЧНОМ ЮМОРЕ

Нестандартные, нетривиальные высказывания; оригинальность, порой парадоксальность мышления (ср.: «и гений, парадоксов друг»); неожиданность ассоциаций – это то, что роднит научное творчество и юмор. Нобелевский лауреат Л.Д. Ландау терпеть не мог тратить время на писанину. Даже в знаменитом 10-томном «Ландафшице» (курсе теоретической физики Ландау и Лифшица [9]), как говорят злые языки, «нет ни одного слова Ландау, и ни одной мысли Лифшица». При этом он был, по свидетельству коллег, друзей, жены Конкордии [10], очень остроумным человеком. Вот некоторые из его высказываний.

- Жрец науки — это тот, кто жрёт за счёт науки.
- Учёными бывают собаки, и то после того, как их научат. Мы – научные работники!
- Английский надо знать! Даже очень тупые англичане знают его неплохо.
- Телевизор — это мусоропровод, работающий в обратную сторону.
- Науки бывают естественные, неестественные и противоестественные.
- Удачно жениться – все равно, что вытащить с завязанными глазами ужа из мешка с гадюками.
- Брак – это кооператив, и к любви он не имеет никакого отношения.

Другой нобелевский лауреат, Ричард Фейнман, был известен своим пристрастием к шуткам и розыгрышам и имел множество необычных хобби. В его биографии «не найдётся скучных фактов, перечисления дат и достижений, она

---

<sup>35</sup> [https://www.mathedu.ru/text/adamar\\_issledovanie\\_psihologii\\_protssessa\\_izobreteniya\\_v\\_oblasti\\_matematiki\\_2001](https://www.mathedu.ru/text/adamar_issledovanie_psihologii_protssessa_izobreteniya_v_oblasti_matematiki_2001)

<sup>36</sup> <http://pyrkov-professor.ru/default.aspx?tabid=182&ArticleId=217>

<sup>37</sup> <http://mathscinet.ru/files/HadamardPsi.pdf> с. 14–15

---

сплошь состоит из курьёзов, весёлых случайностей, безобидных мистификаций»<sup>38</sup>. Ему (как и Ландау) принадлежит множество афоризмов, например: «Физика – как секс: может не давать практических результатов, но это не повод ею не заниматься»<sup>39</sup>. Работая над Манхэттенским проектом, он изобрел способ открывания сейфовых замков и при случае использовал это умение. Вот эпизод, описанный в [11]: «Было воскресенье, и мы собрались в офисе одного парня – какой-то генерал, глава или вице-президент какой-то компании, еще несколько важных шишек и я. Мы должны были обсудить доклад, лежавший в сейфе у этого парня, как вдруг до него дошло, что он не знает кода. Только его секретарша знала код, но она уехала на пикник в горы ... Я подошел к сейфу и стал с ним возиться. Они принялись обсуждать, где бы достать автомобиль, чтобы найти секретаршу, и парень сгорал со стыда, потому что все эти люди стояли и ждали, а он, как последний болван, не мог открыть свой собственный сейф. Обстановка накалялась, и тут щелк! – сейф открылся. За десять минут я открыл сейф, содержащий всю секретную документацию по урановому заводу. Это их ошеломило». Фейнман также развлекался тем, что подкладывал в сейфы могущественных, но туповатых генералов записки: «Угадай, кто».

Текст в предыдущем абзаце дан от первого лица, но сам Фейнман его не писал. Его устные рассказы о жизни, полные забавных приключений, записали на магнитофон его друзья и превратили в книгу. В оригинале ее можно прочесть в библиотеке Мошкова<sup>40</sup>, а в русском переводе – в библиотеке электронных публикаций Института исследований природы времени<sup>41</sup>; см. также другой перевод<sup>42</sup>.

Интересно, что и Фейнман, и Ландау в разное время занимались проблемами сверхтекучести.

Отметим, что юмор является более универсальным социальным феноменом, чем наука. Когда ученые используют ироничные формы для общения с коллегами, юмор понятен только ученым. Когда шутки о науке делаются для менее

---

<sup>38</sup> <https://www.livelib.ru/review/1110447-vy-konechno-shutite-mister-fejnman-fejnman-richard>

<sup>39</sup> <https://scientificrussia.ru/citations/10-sereznyh-sutok-ricarda-fejnmana>

<sup>40</sup> [http://lib.ru/ANEKDOTY/FEINMAN/feinman\\_engl.txt](http://lib.ru/ANEKDOTY/FEINMAN/feinman_engl.txt)

<sup>41</sup> <http://chronos.msu.ru/ru/relectropublications>

<sup>42</sup> <https://vekordija.narod.ru/R-FEYNMA.PDF>

---

опытных аудиторий, структура юмористического продукта намного проще, а интерпретационные контрасты более очевидны [12].

В последние десятилетия огромными тиражами издано достаточно много книг (беллетристика, мемуары, non-fiction), авторы которых, представители различных научных дисциплин – физики, экономисты, астрономы, математики, философы, – не пытаясь натужно шутить, излагают материал в блестящем стиле, иронично и остроумно. Порой сформулированные в таких книгах не вполне серьезные законы уходят «в народ», становясь частью общечеловеческой культуры.

Так, историк Сирил Норткот Паркинсон «открыл» следующие эмпирические законы: «Работа заполняет все время, отпущенное на нее, даже если ее можно сделать быстрее», «Расходы растут вместе с доходами, денег никогда не бывают достаточно», «Число людей в рабочей группе имеет тенденцию возрастать независимо от объема работы, которую надо выполнить» [13]. Закон военного инженера Эдварда Мерфи<sup>43</sup> гласит: «Если есть вероятность того, что какая-нибудь неприятность может случиться, она обязательно произойдет» [14] и имеет многочисленные следствия, а также русские аналоги «закон подлости» и «закон бутерброда». Профессор Лоуренс Питер сформулировал принцип «В иерархической системе каждый индивидуум имеет тенденцию подняться до уровня своей некомпетентности» [15]. Много ситуаций, портивших кровь системным программистам, описал в своей книге Фредерик Брукс [16].

Очень популярны у самой широкой аудитории сборники шуток и анекдотов о рассеянных ученых, смысленных студентах, сложных формулах. В 1966 г. издательство «Мир» выпустило тиражом 100 тысяч экземпляров сборник околонуточного юмора «Физики шутят» [17]. Книгу составили сотрудники Физико-энергетического института в Обнинске. По указанию калужского обкома партии продажа в Обнинске этой книги, «порочащей советских ученых» (хотя она содержала только переводы зарубежных материалов), была запрещена, тираж сборника был изъят, и обнинские физики покупали его в других городах.

Через два года эта же группа ученых подготовила расширенное издание сборника «Физики продолжают шутить»<sup>44</sup> [18]. Тираж составил уже 300 тысяч.

---

<sup>43</sup> <https://murphy-law.net.ru>

<sup>44</sup> [https://elunn.ru/students/comix/fiziki\\_prodolzhayut\\_shutit.pdf](https://elunn.ru/students/comix/fiziki_prodolzhayut_shutit.pdf)

---

Среди прочего книга содержит «полезные» советы – например, как писать научные статьи, как не слушать оратора и т. п. А инструкция для читателя научных статей позволяет понять, что на самом деле имеют в виду учёные под некоторыми фразами в своих работах [18, с. 56–57].

Написано	Следует читать
Хорошо известно, что ...	Я не удосужился найти ссылку
Имеет огромное теоретическое и практическое значение	Мне лично это кажется интересным
Очевидно ...	Я этого не проверял, но ...
Эта работа была выполнена четыре года назад	Нового материала для доклада не было, а поехать на конференцию очень хотелось
Для детального исследования мы выбрали три образца	Результаты, полученные на остальных 20 образцах, не лезли ни в какие ворота
Прибор был случайно слегка повреждён во время работы	Уронили на пол
Обращались с исключительной осторожностью	Не уронили на пол
Согласие теоретической кривой с экспериментом Блестящее Хорошее Удовлетворительное Разумное	Разумное Плохое Сомнительное Вымышленное

На этом физики не остановились, и через несколько лет появилась книга «Физики все еще шутят» [19], а затем – «Шизики футят»<sup>45</sup> [20] по материалам физфаковского юмора (с либретто оперы «Архимед» - см. ниже). По примеру физиков принялись шутить и представители других научных специальностей.

<sup>45</sup> <http://upmsu.phys.msu.su/litpage/arhimed.htm> (первая глава)





## ОБ УТОПИЯХ И АНТИУТОПИЯХ

Вскоре после октябрьского переворота известный экономист и социолог, замминистра земледелия во Временном правительстве А.В. Чаянов (расстрелянный в 1937 году и реабилитированный в 1987 г.) написал иронично-патетический политический памфлет [21] в жанре утопии, развивающий идеалы Февральской революции. Герой Чаянова Алексей Кремнев, потеряв сознание, просыпается в Москве 1984 года, где и происходит действие повести. Он попадает в город, преображенный до неузнаваемости, – так, на месте «Метрополя» стоят «три бронзовых гиганта, дружески взявшиеся за руки – Ленин, Керенский и Милюков». После крестьянской революции, сбросившей в 1930-х годах власть большевиков, в стране ликвидированы города, и народ живет в мелких деревнях и поселках. Черты новой жизни: общинность, здоровый крестьянский труд и практически полное исключение государства из повседневного сознания граждан.

Автор с иронией относится к идее мирового коммунистического единообразия как к неосуществимой глупости: по его мнению, даже если коммунистам временно удастся победить, по крайней мере, четыре причины взорвут изнутри их стремление к мировой экспансии. Это местный национализм, рутинная коррупция, ревнивый вождизм и экономическая неэффективность. Как мы теперь знаем, начавшаяся после 1984 года перестройка социализма потерпела крушение в значительной степени по причинам, сформулированным Чаяновым: рост национализма, экспансия коррупции, конфликт так называемых элит, общая неэффективность социалистической экономики (проблемы менеджмента, низкая производительность и как следствие товарный дефицит). Еще одну причину – падение цен на нефть в стране, ориентированной на экспорт углеводородов, – Чаянов не предвидел.

Факсимильная копия первого издания повести напечатана в Нью-Йорке в 1981 году и доступна благодаря электронной библиотеке Андрея Никитина-Перенского «ImWerden»<sup>46</sup>.

---

<sup>46</sup> [https://imwerden.de/pdf/chayanov\\_puteshestvie\\_moego\\_brata\\_alekseya\\_1981\\_\\_ocr.pdf](https://imwerden.de/pdf/chayanov_puteshestvie_moego_brata_alekseya_1981__ocr.pdf)

---



Понятие «утопии» появилось у Томаса Мора в названии его трактата «Весьма полезная, а также занимательная, поистине золотая книжечка о наилучшем устройстве государства и о новом острове Утопия» (1516). Благодаря переводам, неологизм в течение XVI века распространился практически во всех европейских языках и в дальнейшем стал обозначать литературный и политический жанр: изображение альтернативной реальности, идеального в некотором смысле общественного строя. Соответственно, антиутопия – это воображаемый мир, где жизнь полна страха и ужасов, происходят социальные и техногенные катастрофы, а иллюзии и идеалы терпят крах.

В русской литературе жанр утопии начинает развиваться с XVIII века (хотя мотивы рая и праведной земли встречаются и в древнерусских сочинениях). Первым таким произведением стала небольшая повесть А.П. Сумарокова «Сонъ щастливое общество». По Сумарокову, человека делает счастливым гармоничное состояние общества, государственных норм и порядков. В идеальной стране отсутствуют бюрократизм и взяточничество, правитель милостив и справедлив, законы опираются на библейские заповеди. Факсимильное издание повести Сумарокова [22, с. 363–370] представлено в Национальной электронной библиотеке<sup>47</sup>.

К жанру утопии относится и незаконченный роман одного из самых оригинальных мыслителей XIX века, князя В.Ф. Одоевского «4338-й год: Петербургские письма», представляющий собой переписку двух китайских студентов, один из которых отправляется в Петербург. Его текст доступен благодаря, например, ЭБ [iknigi.net](http://iknigi.net)<sup>48</sup> и библиотеке Максима Мошкова<sup>49</sup>. В этой книге автор, описывая удалённое непосредственное общение, фактически предвосхищает появление интернета и блогов. Соответствующие фрагменты приведены в [23, с. 1173–1174].

Благодаря обязательному изучению в школе широкую известность получили произведения А.Н. Радищева «Путешествия из Петербурга в Москву» (1790) и Н.Г. Чернышевского «Что делать?» (1863) с моделями «идеального» общественного устройства, в которых специалисты отмечают идеи утопического социализма, всеобщего политического равенства и свободы.

---

<sup>47</sup> [https://viewer.rusneb.ru/ru/000199\\_000009\\_005404831](https://viewer.rusneb.ru/ru/000199_000009_005404831)

<sup>48</sup> <https://iknigi.net/avtor-vladimir-odoevskiy/45893-4338-y-god-peterburgskie-pisma-vladimir-odoevskiy/read/page-2.html>

<sup>49</sup> [http://az.lib.ru/o/odoevskij\\_w\\_f/text\\_0490.shtml](http://az.lib.ru/o/odoevskij_w_f/text_0490.shtml)

---

Известный в прошлом публицист (а по совместительству – изворотливый и циничный политик) в статье «Две утопии» (1912) писал: «Утопия в политике есть такого рода пожелание, которое осуществить никак нельзя, ни теперь, ни впоследствии, – пожелание, которое не опирается на общественные силы и которое не подкрепляется ростом, развитием политических классовых сил». Называя либеральные и народнические утопии, популярные в дореволюционной России, бредом неразвитого и трусливого сознания, он заявлял: «Утопия, мечтания есть порождения несамостоятельности, слабости ... эта утопия вредна не только тем, что она – утопия, но и тем, что она развращает демократическое сознание масс» [24, с. 118]. Это не помешало ему через 9 лет призывать к осуществлению политической и экономической утопии в духе Мора и Кампанеллы: «Когда мы победим в мировом масштабе, мы, думается мне, сделаем из золота общественные отхожие места на улицах нескольких самых больших городов мира» [25, с. 225]. Эти и другие статьи вошли в полное собрание сочинений, предлагаемое «библиотекой коммунистической литературы»<sup>50</sup>. Произведения того же автора представлены в электронных библиотеках родственной тематики. Назовем некоторые из них. Марксистский интернет-архив (Marxists Internet Archive. MIA) – многоязычный ресурс, некоммерческая публичная библиотека, основанная в 1998 году. Содержит электронные книги, статьи, периодические издания. MIA посещало в среднем 3.3 миллиона человек в месяц, загружая 27.5 миллиона файлов, работало более 100 волонтеров из нескольких десятков стран (данные за 2022 год). В русском разделе<sup>51</sup>, где представлены 18 авторов, обращает внимание большая подборка работ Л.Д. Троцкого и архив психолога А.Р. Лурии. На сайте проекта «Исторические материалы» (Истмат)<sup>52</sup> помещены десятки тысяч записей. Это официальные документы, библиотека (книги, статьи, периодика, рукописи), статистические материалы (справочники, сборники и ежегодники, относящиеся к Российской империи,

---

<sup>50</sup> <https://marxism-leninism.info/lenin/22.html>, <https://marxism-leninism.info/lenin/44.html>

<sup>51</sup> <https://www.marxists.org/russkij/index.htm>

<sup>52</sup> <https://istmat.org>

СССР и Российской Федерации) и фотоархив. Библиотека профессора М.Н. Грачева<sup>53</sup>, основанная в 2001 году, включает материалы по истории, политологии, а также кибернетике (в частности, большую подборку работ Н. Винера).

В XX веке вместе с расцветом фантастической литературы заметно выросло число книг в тесно связанном с фантастикой жанре утопии. Советские писатели в 1950-е годы увлеченно описывали разные стороны светлого «коммунистического» будущего. Назовем такие произведения как «Туманность Андромеды» И.А. Ефремова (1957), «Незнайка в Солнечном городе» Н.Н. Носова (1958), «Полдень, XXII век» А.Н. и Б.Н. Стругацких (1961). Однако действительность имела мало общего с радужными картинками. Лучше всего об этом высказался Борис Стругацкий в своих мемуарах: «Не надо иллюзий. Не надо надежд на светлое будущее. Нами управляют жлобы и враги культуры. Они никогда не будут с нами. Они всегда будут против нас. Они никогда не позволят нам говорить то, что мы считаем правильным, потому что они считают правильным нечто совсем иное. И если для нас коммунизм – это мир свободы и творчества, то для них это общество, где население немедленно и с наслаждением исполняет все предписания партии и правительства» [26]. И через некоторое время те же авторы обращаются к антиутопии. Выходят «Час быка» Ефремова (1968), «Незнайка на Луне» Носова (1965), «Трудно быть богом» (1964), «Хищные вещи века» (1965), «Обитаемый остров» (1967), «Град обреченный» (1975) Стругацких. В последующие годы написаны «Зияющие высоты» А.А. Зиновьева (1976), «Остров Крым» В.П. Аксёнова (1979), «Москва 2042» В.Н. Войновича (1986), «Невозвращенец» А.А. Кабакова (1988). В позднем Советском Союзе эти книги имели неизмеримо больший успех, чем утопии прошлого. В 2002 г. в интернете появляется «Метро 2033» Д.А. Глуховского. Наблюдая попытки «построить средневековье в одной отдельно взятой стране»<sup>54</sup>, мы видим, как стремительно воплощаются в жизнь антиутопии В.Г. Сорокина «День опричника» (2006) и «Теллурия» (2013).

У этих книг были знаменитые предшественники за рубежом, в частности, «Война с саламандрами» К. Чапека (1936), «451° по Фаренгейту» Р. Брэдбери

---

<sup>53</sup> <https://grachev62.narod.ru>

<sup>54</sup> <https://www.forbes.ru/mneniya/tsennosti/264841-na-puti-v-telluriyu-pochemu-antiutopii-vladimira-sorokina-voploshchayutsya>

---

(1953), «Заводной апельсин» Э. Бёрджесса (1962) и, пожалуй, самая известная антиутопия – «1984» Дж. Оруэлла (1949).

Неудивительно, что этот жанр не поощрялся в СССР. Такие мрачные произведения не соответствовали идеологической программе социалистического реализма, где герои действовали в гармонии с обществом, а не подавлялись им. За этим бдительно следила советская цензура (Главлит, аналог оруэлловского «министерства правды»). Так, она требовала, чтобы «антисоветский подтекст» в «Обитаемом острове» был заменен на антигерманский. В результате многие имена и названия пришлось изменить, а в общей сложности было внесено порядка 900 правок<sup>55</sup>.

Цензура повлияла и на судьбу первого в мире романа-антиутопии «Мы» Е.И. Замятина. Написанный в 1920 г., он выдержал несколько изданий на английском, французском, чешском и других языках, но на родине не печатался до 1988 года. Заметим, что Дж. Оруэлл получил французское издание книги в 1944 г. от Г.П. Струве и написал в ответном письме: «Такого рода книги меня очень интересуют, и я даже делаю наброски для подобной книги, которую раньше или позже напишу» (см. электронный ресурс «Библиотека Джорджа Оруэлла»<sup>56</sup>). Эта будущая книга – «1984» – появилась в 1949 г. Кроме того, в рецензии на роман Замятина Оруэлл отмечает его «разительное сходство» с романом О. Хаксли «О дивный новый мир» (1932).

Сам Хаксли это сходство отрицал. Его антиутопия, возможно, стала своеобразным ответом на утопические произведения Г. Уэллса «Современная Утопия» (1905) и «Люди как боги» (1923). В [27] незримым соавтором «Дивного нового мира» назван известный ученый, нобелевский лауреат Бертран Рассел. Там утверждается, что на Олдоса Хаксли большое влияние оказала вышедшая годом раньше книга Рассела «Научное мировоззрение», особенно глава «Образование в обществе на научных основах». Там описаны два стандарта образования: один – для тех, у кого в руках власть, в том числе научная, а другой – для тех, кто должен им подчиняться. От обычных людей ожидаются послушность, трудолюбие, пунк-

---

<sup>55</sup> [https://pikabu.ru/story/arkadiy\\_i\\_boris\\_strugatskie\\_obitaemyiy\\_ostrov\\_10263379](https://pikabu.ru/story/arkadiy_i_boris_strugatskie_obitaemyiy_ostrov_10263379)

<sup>56</sup> [https://orwell.ru/library/reviews/zamyatin/russian/r\\_zamy](https://orwell.ru/library/reviews/zamyatin/russian/r_zamy)

---

туальность, бездумность и довольство. Всех мальчиков и девочек с раннего возраста будут учить «сотрудничеству», инициатива у этих детей будет пресекаться, и неповиновение будет искоренено без наказаний, научным путем<sup>57</sup>.

Возвращаясь к теме творчества ученых, упомянем утопические мотивы в сочинениях двух нобелевских лауреатов, академиков РАН (правда, одного из них довольно трудно считать ученым). Их непростые взаимоотношения, сотрудничество и полемику описал в своем очерке «Сахаров и Солженицын» историк Р.А. Медведев (опубликован: «Свободная мысль – XXI», 2001, №8 (1510), с. 62–77 и под названием «Андрей Сахаров и Александр Солженицын» – «Наука и жизнь», 2002, №3<sup>58</sup>).

За 10 лет до действия утопий Чаянова и Оруэлла, в 1974 г., А.Д. Сахаров написал для американского журнала *Saturday Review* футурологическую статью<sup>59</sup>, которая появилась на русском языке [28] под названием «Мир через полвека», а в России – через 13 лет («Вопросы философии», 1989, № 1, с. 27–34)<sup>60</sup>. В ней автор «попытался набросать общую картину технических аспектов будущего. Естественно, что эта картина является весьма гипотетической и субъективной, а местами условно-фантастической» [28, с. 246]. Далее, на с. 250, читаем: «Я предполагаю создание всемирной информационной системы (ВИС), которая сделает доступным для каждого в любую минуту содержание любой книги, когда-либо и где-либо опубликованной, содержание любой статьи, получение любой справки <...>. В отличие от телевизора, который является главным источником информации многих из наших современников, ВИС будет предоставлять каждому максимальную свободу в выборе информации и требовать индивидуальной активности. Но поистине историческая роль ВИС будет в том, что окончательно исчезнут все барьеры обмена информацией между странами и людьми».

---

<sup>57</sup> <https://webkamerton.ru/2020/09/o-divnyy-novy-mir-o-khaksli-ne-prosto-roman-zloveschiy-plan-britanskoy-elity>

<sup>58</sup> <https://www.nkj.ru/archive/articles/3985>

<sup>59</sup> Tomorrow: The View from Red Square by Andrei D. Sakharov // *The Saturday Review*, Vol. 1, №. 25, August 24, 1974, pp. 12-14

<sup>60</sup> <https://djvu.online/file/eMMgygzEOnbcf>

---

Появления интернета ждать полвека не пришлось. Но другие предсказания Сахарова – разделение всей Земли на «рабочую территорию» в 30 млн квадратных километров и «заповедную территорию» в 80 млн квадратных километров, создание сверхгородов с многоэтажными домами-горами, искусственным климатом, гигантскими автоматическими заводами, благополучными и чистыми пригородами, «летающими городами» на искусственных спутниках и т. д., – никто и не думал осуществлять. Не происходит и превращения ООН во всемирное правительство, о создании которого мечтал Сахаров. Прочитав эту статью, Солженицын отозвался о ней как об «опасной утопии».

В том же 1974 г. было напечатано «Письмо вождям Советского Союза» Солженицына [29]. Оно было направлено советским руководителям 5 сентября 1973 г. В нем Солженицын изложил свое видение будущего, если не всего мира, то России. Он предлагал отказаться от военного и космического бюджета страны, а на сэкономленные деньги «растопить» и «растеплить» российский северо-восток. Сюда, в северные и восточные районы России, писатель предлагал перенести «центр государственного внимания, национальной деятельности, центр расселения и поисков молодых – с юга нашей страны и из Европы». «Построение более чем половины государства на новом свежем месте, – заявлял Солженицын, – позволяет нам не повторять губительных ошибок XX века – с промышленностью, с дорогами, с городами». Города были особенно ненавистны писателю. В стране, полагал он, нужно строить лишь небольшие предприятия, но «с дробной и высокой технологией». И даже сельское хозяйство можно создавать на севере – «с большими затратами, конечно». По поводу этих проектов резко высказался А.Д. Сахаров: «Программа Солженицына – это скорее мифотворчество, чем реальный проект, но создание мифов не всегда безобидно, особенно в XX веке ... националистическая и изоляционистская направленность мыслей Солженицына, свойственный ему религиозно-патриархальный романтизм приводят его

к очень существенным ошибкам, делают его предложения утопичными и потенциально опасными»<sup>61</sup> (источник: «Библиотека диджитал-музея Андрея Сахарова», где собраны мемуары, статьи и другие тексты А.Д. Сахарова, воспоминания современников, аудио- и видеоматериалы).

Осенью 1989 года А.Д. Сахаров разработал в форме конституции свой проект переустройства Советского Союза в Союз Советских Республик Европы и Азии. 27 ноября он передал этот проект М.С. Горбачеву, который возглавил созданную съездом народных депутатов Конституционную комиссию. А 14 декабря Сахарова не стало.

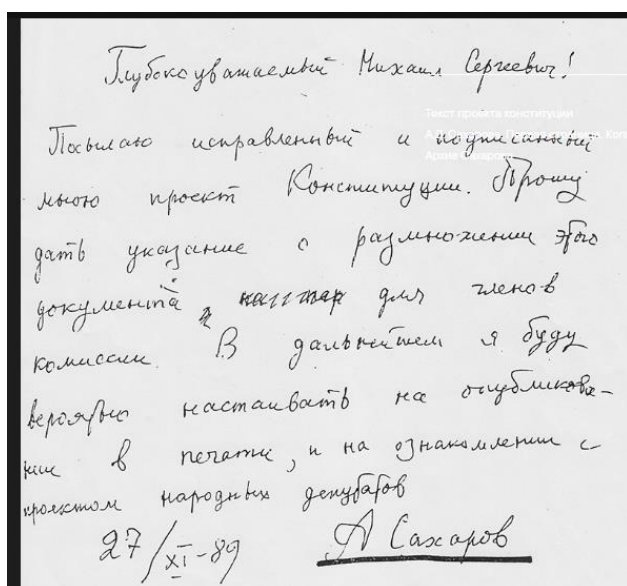
Текст «Конституции Сахарова» можно прочесть в электронной библиотеке Литмир в составе сборника «Конституционные идеи Андрея Сахарова»<sup>62</sup>. Ранее он был опубликован в газете «Позиция», № 6, декабрь 1989 года, в ленинградской газете «Смена» от 26 декабря 1989 г., а также в московском журнале «Горизонт» № 1 за 1990 год. Это был утопический проект, основанный на идеях конвергенции, интернационализма, демократизма и на популярной среди физиков идее мирового правительства, которую защищал еще Альберт Эйнштейн. Сахаров пояснял, что он выступает за объединение всех людей на Земле, независимо от их расы, национальности и религии, пола, возраста и социального положения, что он обращается не к нациям, а к людям.

---

<sup>61</sup> <https://www.sakharov.space/lib/o-pisme-aleksandra-solzhenicyna-vozhdyam-sovetskogo-soyuza>

<sup>62</sup> <https://litmir.club/br/?b=245792>

---



Через несколько месяцев после «Конституции Сахарова» в советской печати был опубликован проект реформы А.И. Солженицына. Это также был утопический проект, но основанный на принципах русского национализма, патриотизма, умеренного авторитаризма и православия. Солженицын предлагал, как можно быстрее, распустить «покосившийся» Советский Союз и создать новое государство – «Российский Союз» в составе одних лишь славянских народов - русских, украинцев и белорусов, включая и российское население Казахстана. Лишь по необходимости в этот Союз могут войти и меньшие народы Поволжья, Сибири и Северного Кавказа, но «без обременения их государственными образованиями», то есть без автономий.

Конституционные проекты Сахарова и Солженицына нигде не рассматривались и не обсуждались в конституционных комиссиях, ибо их утопичность изначально была очевидна.

### ОБ АВТОРСКОЙ ПЕСНЕ И СТУДЕНЧЕСКОЙ САМОДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Отдельная тема – ученые, юмор и авторская (так называемая бардовская) песня. Вспомним хотя бы песни, написанные докторами наук и профессорами про жену французского посла (геофизик А.М. Городницкий), хромого короля (химик А.А. Дулов), клюкву (Дулов на стихи биолога Д.А. Сахарова, он же Дмитрий Сухарев), далекую Амазонку (металловед В.С. Берковский). Замечательные песни



написали психолог В.В. Егоров, математик А.А. Суханов, физик С.Я. Никитин, инженеры Е.И. Клячкин и А.З. Мирзаян.

Песня А.А. Галича о том, как «гады-физики на пари раскрутили шарик наоборот» [30] звучала в спектакле «Будни и праздники», который с большим успехом шел во МХАТе в сезон 1967/1968. Авторы пьесы – Галич и профессор Е.С. Вентцель (автор лучших книг по теории вероятностей и исследованию операций, а также ряда замечательных повестей под литературным псевдонимом И. Грекова – «игрекова»<sup>63</sup>). Спектакль был запрещен в 1968 г. после выступления Галича в клубе «Под интегралом» новосибирского Академгородка на первом всесоюзном фестивале авторской песни<sup>64</sup>. Это был единственный его концерт в СССР.

Еще несколько эпизодов на тему «Галич и ученые». Среди его друзей были академики П.Л. Капица, Л.Д. Ландау и А.Д. Сахаров. Когда 21 января 1968 года Ландау исполнилось 60 лет, Галич был единственным из деятелей искусства, кто удостоился приглашения, причем лично от Ландау<sup>65</sup>.

Галича часто приглашали петь в академических институтах (как и В.С. Высоцкого; об этом есть пьеса М.Г. Розовского «Концерт Высоцкого в НИИ»). Перед вынужденной эмиграцией Галич был исключен из творческих союзов и лишился доходов. Тогда жена академика С.А. Лебедева совместно с А.Д. Сахаровым и другими академиками организовала тайный фонд – «академическую кассу». Получателями этой помощи наряду с Галичем были В.Д. Дудинцев, В.Н. Войнович, А.И. Солженицын<sup>66</sup>.

Среди выдающихся авторов-исполнителей песен широко известны писатели и поэты М.Л. Анчаров, Б.Ш. Окуджава, Ю.Ч. Ким, Н.Н. Матвеева, М.К. Щербаков, В.А. Долина, Е.Д. Агранович; актеры В.С. Высоцкий, Ю.А. Кукин, Д.Е. Межевич, А.А. Дольский; журналист Ю.И. Визбор, врач Т.С. Шаов.

В интернете авторской песне посвящено немало ресурсов: статьи, научные исследования, репортажи с конкурсов и фестивалей, фотоматериалы. И, конечно, архивы и библиотеки с тысячами текстов, аудио- и видеозаписей. В 2000–2015 гг.

---

<sup>63</sup> Далеко не редкость, когда ученый становится автором литературных произведений; вот лишь одно имя – Льюис Кэрролл.

<sup>64</sup> <http://www.famhist.ru/famhist/galich/000e4209.htm>

<sup>65</sup> <http://www.famhist.ru/famhist/galich/0012e99a.htm>

<sup>66</sup> <https://dzen.ru/a/ZRPcsQSAN1FzeNyT>

---

поддерживался портал «Авторская песня»<sup>67</sup>. На 28.06.15 он содержал 3015 альбомов (62968 песен), 318 видеоальбомов (7311 видео), 164 книги (8837 текстов), 54 журнала (940 статей); эти материалы частично доступны. С 1996 г. действует и продолжает пополняться сайт Bards.Ru<sup>68</sup>. На 28.04.24 на нем представлены 4609 персоналий, 59664 текста, 1693 альбома, 20079 фотографий.

Песни писали как действующие, так и будущие ученые. Вспоминается, как мы, первокурсники мехмата, в 1966 году прорывались в ДК МГУ, чтобы послушать квартет студентов физфака (Борис Геллер, Алексей Монахов, Сергей Никитин, Сергей Смирнов; позже Монахова заменил Вадим Хаит). Они были старше на 2–3 курса. Затем квартет сменился квинтетом, в котором к Никитину присоединились Татьяна Садыкова (в 1968 году ставшая Никитиной), Кармен Сантакреу, Владимир Улин и Николай Туркин. Тексты песен писали выпускники физфака МГУ Сергей Крылов, Валерий Миляев, Геннадий Иванов, Валерий Канер, лауреат конкурса поэтов МГУ 1961 года.



В 1960-м В. Канер и В. Миляев, тогда еще студенты, написали либретто шуточной оперы «Архимед». Тогда по решению комсомольской конференции физфака МГУ был учрежден общефакультетский праздник – «День рождения Архимеда», позднее ставший «Днем физика». Праздник начинался на ступенях физфака, а его вершиной всегда была опера. Эта «древнегреческая музыкальная оптимистическая трагедия в четырех действиях и пяти картинах» языком арий, дуэтов и хора излагала основы атомной физики, но главное – отображала то, чем

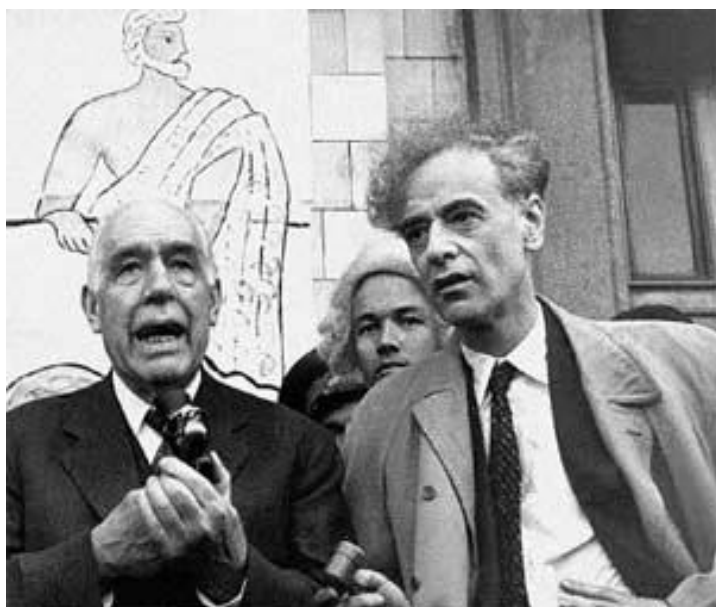
---

<sup>67</sup> <http://www.bard.ru>

<sup>68</sup> <http://www.bards.ru>

жили студенты 1960-х годов: героическую историю и противоречивую реальность, учебу и целинные отряды, богов-разрушителей и героев-созидателей, взлет духа и предчувствие грядущей трагедии. По своей популярности эта самодеятельная, любительская опера-капустник не превзойдена: в течение 40 лет она ставилась силами физических вузов и научных институтов более 300 раз<sup>69</sup>. Текст либретто приведен в первой главе книги [20].

Самым запоминающимся стал «День Архимеда» в 1961 году, который совпал с приездом в СССР великого физика Нильса Бора. На праздник его привез другой великий физик, Л.Д. Ландау. Бор был поражен: он «никогда не видел столько физиков сразу». На представлении оперы в ДК МГУ он и Ландау сидели в первом ряду, Ландау переводил происходящее на сцене. По окончании Бор сказал со сцены: «Это остроумно, это замечательно, это что-то необыкновенное. Если студенты способны на такую же изобретательность и остроумие в работе, то за будущее физики я спокоен». А в книге почетных гостей МГУ он написал: «Артистизм и чувство юмора, проявившиеся в ежегодном празднестве в честь Архимеда и его заслуг перед человечеством, произвели на меня действительно неизгладимое впечатление».



Н. Бор и Л.Д. Ландау 7 мая 1961 г.



Фрагмент оперы «Архимед»<sup>70</sup>

---

<sup>69</sup> <https://shanson-plus.ru/forums/index.php?topic=139248.0>

<sup>70</sup> <https://lesoteka.livejournal.com/73045.html>

В 1969 году праздник уже не состоялся. После генеральной репетиции партком все запретил. Время изменилось, руководство физфака «отчислило» оперу «Архимед» с факультета<sup>71</sup>.

### **ОБ ИГРАХ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ**

Изучать физику и математику школьникам и студентам помогало прекрасное учебное пособие – научно-популярный журнал «Квант», появившийся в 1970 году. У его истоков стояли академики П.Л. Капица, И.К. Кикоин и А.Н. Колмогоров. Большинство вполне серьезных задач и статей в нем излагалось легким, ироничным языком. До начала 1990-х годов журнал выходил ежемесячно, а тираж доходил до 350 тысяч экземпляров, но в 1990-е годы резко сократился. Ссылки на десятки других популярных изданий содержатся в [31]. Личный опыт автора, в течение 20 лет преподававшего компьютерные дисциплины в МГУ, показывает, что лучшие результаты обучения достигаются, когда знания и навыки преподносятся в занимательной, игровой форме, с уместными шутками [32, 33]. А его коллега, профессор математики из Южного федерального университета, пишет в личном письме: «Я относительно профессиональный клоун», что не мешает ему успешно работать по специальности.

Игровые технологии находят все более широкое применение в учебном процессе, они помогают повысить уровень самодисциплины и заинтересованности студентов, улучшить их взаимодействие с преподавателями. Геймификация часто предполагает командную работу, особенно это важно при дистанционном формате обучения. При этом развиваются soft-skills – межличностные, умственные и универсальные компетенции, такие как коммуникабельность, креативность, стрессоустойчивость, умение принимать решения и т. д. Эти личностные характеристики трудно развить при традиционном формате обучения, а они необходимы для успешной адаптации в будущей профессиональной сфере, актуализации полученных теоретических знаний.

Деловые игры в ходе совместной деятельности обучающихся под управлением преподавателя помогают решать учебные и профессионально ориентиро-

---

<sup>71</sup> [https://phys.msu.ru/rus/about/sovphys/ISSUES-2000/2\(16\)-2000/16-13](https://phys.msu.ru/rus/about/sovphys/ISSUES-2000/2(16)-2000/16-13)

ванные задачи с помощью игрового моделирования реальных проблемных ситуаций. Такие технологии обучения, способствующие самоактуализации личности, раскрытию научного и творческого потенциала, эффективному взаимодействию в коллективе, необходимы будущим конкурентоспособным и высококвалифицированным специалистам в период профессионального становления.

В заключение – о серии юбилейных «ненаучных» сборников, выпускаемых в Центральном экономико-математическом институте РАН. «Экономисты и математики ЦЭМИ шутили всегда, и, по-видимому, их чувство юмора помогло институту выстоять в тяжкие времена гонений, когда еще не закончился застой, но не наступила перестройка. И институт не только выжил, но и ожил, и отметил свое тридцатилетие. К этой знаменательной дате группа его энтузиастов, проделав грандиозную работу по сбору печатных и непечатных (фольклорных) произведений сотрудников, а также их детей и даже внуков, выпустила первый в истории экономико-математической мысли веселый сборник «Под листом Мебиуса (Тридцать лет спустя)»<sup>72</sup>. В день юбилея института нам тоже хочется улыбнуться» [34, с. 4]. В дальнейшем подобные сборники выходили каждые 10 лет к очередным юбилеям.

Один пассаж из книги, выпущенной к 50-летию института<sup>73</sup>, удостоился цитирования в юмористической рубрике «Литературной газеты» [35] и во вполне серьезной научной монографии [36]. Вот этот фрагмент. Собрался защищать докторскую диссертацию в ЦЭМИ заведующий отделом Арон Иосифович Каценелинбойген (впоследствии профессор Пенсильванского университета). Работа его не вызвала сомнений. По ряду причин было бы хорошо, если бы одним из оппонентов был директор новосибирского Института экономики и организации промышленного производства молодой тогда член-корреспондент (ныне академик) АН СССР Абел Гезевич Аганбегян. Уговорить его попросили работавшего в Новосибирске доктора экономических наук Владимира Эммануиловича Шляпентоха (впоследствии профессора университета штата Мичиган). Он пришел на почтамт и попытался дать телеграмму следующего содержания: «Москва ЦЭМИ Каценелинбойгену. Аганбегян согласен» (тут телеграфистка на него подозрительно посмотрела).

---

<sup>72</sup> <http://www.cemi.rssi.ru/publication/sborniki/mobius/mebius1.pdf>

<sup>73</sup> <http://www.cemi.rssi.ru/publication/sborniki/mobius/mebius2.pdf>

---

Но когда она увидела подпись «Шляпентох», то бросила обратно телеграмму и сказала: «Шифровок не принимаю! Тут всего одно нормальное слово – “согласен”» [37, с. 38].

		
А.И. Каценелинбойген (1927–2005)	А.Г. Аганбегян (р. 1932)	В.Э. Шляпентох (1926–2015)

Из описанных персонажей в настоящее время живы 91-летний академик Аганбегян и, возможно, телеграфистка, благодаря бдительности которой эта житейская история стала достоянием общественности.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булгаков М.А. Роковые яйца: Повесть. С. 79–148 // «Недра»: Литературно-художественные сборники: [в 20 кн.]. М.: Новая Москва, 1922–1931. Кн. 6. 229 с.
2. Каверин В.А. Открытая книга. / Каверин В.А. Собрание сочинений в 8 томах. Том 4. М.: Издательство «Художественная литература», 1981. 479 с. Том 5. М.: Издательство «Художественная литература», 1982. 510 с.
3. Гранин Д.А. Собрание сочинений. Т. 5: Зубр; Эта странная жизнь. М: Вагриус. 2007, 512 с.
4. Стругацкий А.Н., Стругацкий Б.Н. Понедельник начинается в субботу. М.: АСТ, 2009. 284 с.
5. Вернадский В.И. Избранные труды по истории науки. М.: Наука, 1981. С. 66.

6. *Зеликин М.И.* Гениальность. Памяти И.Р. Шафаревича // Математическое образование. 2018. № 1 (85). С. 2–4.

7. *Адамар Ж.* Исследование психологии процесса изобретения в области математики. М.: Советское радио, 1970. 152 с.

8. *Пуанкаре А.* О науке / под ред. Л.С. Понтрягина. М.: Наука, 1989. С. 399–414.

9. *Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.* Теоретическая физика: учебное пособие для студентов физических специальностей университетов в 10 т. / под ред. Л.П. Питаевского. М.: Физматлит МАИК Наука, 2001.

10. *Ландау-Дробанцева К.Т.* Академик Ландау: как мы жили. 3-е изд., испр. М.: Захаров, 2011. 476 с.

11. *Фейнман Р.* Вы, конечно, шутите, мистер Фейнман!: похождения удивительного человека, поведанные им Ральфу Лейтону. М.: АСТ Астрель. 2011. 477 с.

12. *Николина Н.В.* Юмор в социальном мире ученых // Логико-философские штудии. 2022. Т. 20, № 3. С. 300–304.

13. *Паркинсон С.Н.* Законы Паркинсона: Пер. с англ. М.: Прогресс, 1989. 446 с.

14. Полное собрание законов Мерфи / пер. с англ. 2-е изд. Мн.: Попурри, 2006. 608 с.

15. *Питер Л.* Принцип Питера, или Почему дела идут вкривь и вкось; Пер. с англ. М.: АСТ, 2002. 285 с.

16. *Брукс Ф.П. (мл.).* Как проектируются и создаются программные комплексы: Мифический человеко-месяц / Под ред. А.П. Ершова. М.: Наука, 1979. 151 с.

17. Физики шутят: Сборник переводов / Сост.-пер.: Ю. Конобеев, В. Павлинчук, Н. Работнов и В. Турчин. М.: Мир, 1966. 167 с.

18. Физики продолжают шутить / Сост.-пер. Ю. Конобеев, В. Павлинчук, Н. Работнов и В. Турчин. 2-е изд., доп. М.: Мир, 1968. 318 с.

19. Физики все еще шутят: Сборник. М.: Издательство «Макет», 1992.

20. *Канер В.В. (ред.).* Шизики футят. Очерки истории АРХИМЕДА, ДУЭТа, и вообще ... Книга-капустник. М.: 1994, 240 с.

21. *Чаянов А.В.* Путешествие моего брата Алексея в страну крестьянской утопии. М.: Гос. изд-во, 1920. 61 с.

22. *Сумароков А.П.* Полное собрание всех сочинений: В стихах и прозе. М.: Унив. тип. у Н. Новикова, 1787.

23. *Поляк Ю.Е.* Издания XIX-XX века о телеграфе // Электронные библиотеки. 2021. Т. 24, № 6. С. 1157–1183.

24. *Ленин В.И.* Две утопии // Полное собрание сочинений. 5-е изд. Т. 22. М.: Политиздат, 1968. С. 117–121. <http://leninvi.com/t22/p118>

25. *Ленин В.И.* О значении золота теперь и после полной победы социализма // Полное собрание сочинений. 5-е изд. Т. 44. М.: Политиздат, 1970. С. 221–229. <http://leninvi.com/t44/p225>

26. *Стругацкий Б.Н.* Комментарии к пройденному. М.: АСТ, 2018. <https://www.strugatskie.com/wp-content/uploads/2022/12/1998-Комментарии-к-пройденному-без-илл..pdf>

27. *Катасонов В.* «О дивный новый мир» О. Хаксли – не просто роман, а зловещий план британской элиты // Камертон. 2020. №9 (131). <https://webkamerton.ru/2020/09/o-divnyy-novyy-mir-o-khaksli-ne-prosto-roman-zloveschiy-plan-britanskoj-elity>

28. *Сахаров А.Д.* Мир через полвека // Континент. 1976. №1. С. 241–256. [https://vtoraya-literatura.com/pdf/kontinent\\_007\\_1976\\_text.pdf](https://vtoraya-literatura.com/pdf/kontinent_007_1976_text.pdf)

29. *Солженицын А.* Письмо вождям Советского Союза. Paris: YMCA-press, 1974. 51 с. [https://www.solzhenitsyn.ru/proizvedeniya/publizistika/stati\\_i\\_rechi/v\\_sovetskom\\_soyuze/pismo\\_vojzdyam\\_sovetskogo\\_soyuza.pdf](https://www.solzhenitsyn.ru/proizvedeniya/publizistika/stati_i_rechi/v_sovetskom_soyuze/pismo_vojzdyam_sovetskogo_soyuza.pdf)

30. *Галич А.А.* Песни; Стихи; Поэмы; Киноповесть; Пьеса; Статьи / Сост. Ю.Е. Поляк. Екатеринбург: У-Фактория, 1998. 649 с.

31. *Поляк Ю.Е.* Информационные ресурсы для популярной науки // Информационные ресурсы России. 2017. № 2(156). С. 9–12.

32. *Parakhina O.V.* Competitive and Game Components in Teaching Search Strategies // 4th International Workshop on Computer Science and Information Technologies: CSIT'2002, Patras, Greece: Patras University. 2002. P. 171–176.



33. Поляк Ю.Е. Найдется все. Если уметь искать // Информационные ресурсы России. 2002. № 1-2 (64-65). С. 44–48.

34. По ту сторону листа Мебиуса. Юбилейный ненаучный сборник. Книга первая. М.: ЦЭМИ РАН, 2013. 216 с.

35. Дмитриев А.В. Социология юмора: Очерки. М.: ОФСПП РАН, 1996. 212 с.

36. Экономисты продолжают шутить // Литературная газета. 11 декабря 2013 г. № 49 (6442). С. 16.

37. По ту сторону листа Мебиуса. Юбилейный ненаучный сборник. Книга вторая (литературное приложение). М.: ЦЭМИ РАН, 2013. 243 с.

---

## **ON SERIOUS AND FUNNY IN SCIENCE (BASED ON MATERIALS OF DIGITAL LIBRARIES)**

**Y. E. Polak**<sup>[0000-0001-8411-335X]</sup>

*Central Economics and Mathematics Institute of the Russian Academy of Sciences,  
47 Nakhimovski Pr. Moscow 117418 Russia*

polak@cemi.rssi.ru

### **Abstract**

Digital libraries (DL) and archives accumulate gigantic volumes of various information. The goal of this work is, without trying to cover the immensity, to try, using a relatively small number of striking examples, to trace how issues of scientific creativity are reflected in DL; discuss and dispel stereotypical ideas about scientists as unsociable, pedantic formalists or eccentric, absent-minded persons; show how the peculiarities of their thought processes, combined with high intelligence, can cause misunderstanding in everyday life. At the same time, these qualities, combined with originality of thinking, sometimes turning into paradox, are manifested in non-standard approaches to problems, non-trivial solutions, and an ironic attitude towards the surrounding reality. As a result, along with serious results, unexpected associations and analogies; jokes, witticisms, and anecdotes are born. The paper provides examples of the creativity of scientists in the professional field, as well as works in such genres as science fiction, utopia, humor, and art song. Materials from 20+ electronic libraries were used.

---

**Keywords:** digital libraries, image of a scientist, scientific creativity, humor, art song.

## REFERENCES

1. *Bulgakov M.A.* Fatal Eggs: A Tale. pp. 79–148 // “Nedra”: Literary and artistic collections: [in 20 books]. M.: New Moscow, 1922–1931. Book 6. 229 p.
2. *Kaverin V.A.* Open book / Kaverin V.A. Collected Works in 8 volumes. Volume 4. M.: Publishing house "Khudozhestvennaya literatura". 1981. 479 p. Volume 5. M.: Publishing house "Khudozhestvennaya literatura". 1982. 510 p.
3. *Granin D.A.* Collected works. T. 5: Bison; This strange life. M: Vagrius. 2007. 512 p.
4. *Strugatsky A.N., Strugatsky B.N.* Monday starts on Saturday. M.: AST, 2009. 284 p.
5. *Vernadsky V.I.* Selected works on the history of science. M.: Nauka, 1981. P. 66.
6. *Zelikin M.I.* Genius. In memory of I.R. Shafarevich // Mathematical education. 2018. No. 1 (85). S. 2–4.
7. *Hadamard J.* Study of the psychology of the invention process in the field of mathematics. M.: Soviet radio, 1970. 152 p.
8. *Poincaré A.* About science / ed. L.S. Pontryagina. M.: Nauka, 1989. P. 399–414.
9. *Landau L.D., Lifshits E.M.* Theoretical physics: a textbook for students of physical specialties at universities in 10 volumes / ed. L.P. Pitaevsky. M.: Fizmatlit: MAIK Nauka, 2001.
10. *Landau-Drobantseva K.T.* Academician Landau: how we lived. 3rd ed., rev. M.: Zakharov, 2011. 476 p.
11. *Feynman R.* Surely you are joking, Mr. Feynman!: the adventures of an amazing man, which he told to Ralph Leighton. M.: AST:Astrel. 2011. 477 p.
12. *Nikolina N.V.* Humor in the social world of scientists // Logical-philosophical studies. 2022. T. 20, No. 3. P. 300–304.
13. *Parkinson S.N.* Parkinson's Laws: Trans. from English M.: Progress, 1989. 446 p.

14. Complete collection of Murphy's laws / Trans. from English, 2nd ed. Mn.: Medley. 2006. 608 p.

15. *Peter L.* The Peter Principle, or Why Things Go Awry; Trans. from English. M.: AST, 2002. 285 p.

16. *Brooks F.P. (Jr.)*. How software systems are designed and created: The mythical man-month / Ed. A.P. Ershov. M.: Nauka, 1979. 151 p.

17. Physicists joke: Collection of translations / Compiled by: Yu. Konobeev, V. Pavlinchuk, N. Rabotnov and V. Turchin. M.: Mir, 1966. 167 p.

18. Physicists continue to joke / Comp. trans. Yu. Konobeev, V. Pavlinchuk, N. Rabotnov, V. Turchin. 2nd ed., add. M.: Mir, 1968. 318 p.

19. Physicists are still joking: Collection. M.: Publishing house "Maket", 1992.

20. *Kaner V.V. (ed.)*. The nuts are kicking. Essays on the history of ARCHIMEDES, DUET, and in general ... M.: 1994. 240 p.

21. *Chayanov A.V.* My brother Alexey's journey to the land of peasant utopia. M.: State. publishing house 1920. 61 p.

22. *Sumarokov A.P.* Complete collection of all works: In verse and prose. M.: Univ. type. from N. Novikov, 1787.

23. *Polak Y.E.* Publications of the 19<sup>th</sup>–20<sup>th</sup> centuries about the telegraph // *Russian Digital Libraries Journal*. 2021. T. 24, No. 6. P. 1157–1183.

24. *Lenin V.I.* Two utopias // Complete works. 5th ed. T. 22. M.: Politizdat, 1968. P. 117–121. <http://leninvi.com/t22/p118>

25. *Lenin V.I.* On the meaning of gold now and after the complete victory of socialism // Complete Works. 5th ed. T. 44. M.: Politizdat, 1970. P. 221–229. <http://leninvi.com/t44/p225>

26. *Strugatsky B.N.* Comments on what has been covered. M.: AST, 2018. <https://www.strugatskie.com/wp-content/uploads/2022/12/1998-Comments-on-the-passed-without-illustration.pdf>

27. *Katasonov V.* "Brave New World" by O. Huxley – not just a novel, but an ominous plan of the British elite // *Tuning fork*. 2020. No. 9 (131). <https://webkamerton.ru/2020/09/o-divnyy-novyy-mir-o-khaksli-ne-prosto-roman-zloveschiy-plan-britanskoy-elity>

28. *Sakharov A.D.* The world in half a century // *Continent*. 1976. №1. P. 241–

256. [https://vtoraya-literatura.com/pdf/kontinent\\_007\\_1976\\_text.pdf](https://vtoraya-literatura.com/pdf/kontinent_007_1976_text.pdf)

29. *Solzhenitsyn A.* Letter to the leaders of the Soviet Union. Paris: YMCA-press, 1974. 51 p. [https://www.solzhenitsyn.ru/proizvedeniya/publizistika/stati\\_i\\_rechi/v\\_sovetskom\\_soyuze/pismo\\_vozdyam\\_sovetskogo\\_soyuza.pdf](https://www.solzhenitsyn.ru/proizvedeniya/publizistika/stati_i_rechi/v_sovetskom_soyuze/pismo_vozdyam_sovetskogo_soyuza.pdf)

30. *Galich A.A.* Songs; Poetry; Poems; Film story; Play; Articles / Comp. Y.E. Polak. Ekaterinburg: U-Factoria, 1998. 649 p.

31. *Polak Y.E.* Information resources for popular science // Information resources of Russia. 2017. No. 2 (156). P. 9–12.

32. *Parakhina O.V.* Competitive and Game Components in Teaching Search Strategies // 4th International Workshop on Computer Science and Information Technologies: CSIT'2002, Patras, Greece: Patras University. 2002. P. 171–176.

33. *Polak Y.E.* Everything will be found. If you know how to search // Information resources of Russia. 2002. No. 1-2 (64-65). P. 44–48.

34. On the other side of the Mobius strip. Anniversary non-scientific collection. Book one. M.: CEMI RAS. 2013. 216 p.

35. *Dmitriev A.V.* Sociology of humor: Essays. M.: OFSPP RAS. 1996. 212 p.

36. Economists continue to joke // Literary newspaper. December 11, 2013. No. 49 (6442). P. 16.

37. On the other side of the Mobius strip. Anniversary non-scientific collection. Book two (literary supplement). M.: CEMI RAS, 2013. 243 p.

---

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ



**ПОЛЯК Юрий Евгеньевич** – кандидат экономических наук, ведущий научный сотрудник Центрального экономико-математического института РАН (Москва). Подробнее: <http://computer-museum.ru/articles/sovets-muzeya/561/>

**Yuri Evgenievich POLAK** – Candidate of Economic Sciences, Leading Researcher, Central Economics and Mathematics Institute. Moscow, Russia. More detailed: <http://computer-museum.ru/articles/sovets-muzeya/561/>

email: [polak@cemi.rssi.ru](mailto:polak@cemi.rssi.ru)

ORCID 0000-0001-8411-335X

Статья поступила в редакцию 20 апреля 2024 года

---