

СУДЬБЫ И СЕМИНАРЫ (о семинаре «Проблемы сокращения перебора» в ЛЭТИ в историко-научном контексте)

Соловьев С. В.¹, кандидат физико-математических наук, ✉ Sergei.Soloviev@irit.fr

¹Тулузский исследовательский институт по информационным технологиям (IRIT), университет Тулузы-3, 118, Нарбоннская дорога, 31062, Тулуза, Франция

Аннотация

В работе рассматривается история семинара «Проблемы сокращения перебора» в ЛЭТИ, организованного Р. И. Фрейдзоном (1942–2018). Семинар начал свою работу в 1982 г., ставя в первую очередь своей целью развитие идей С. Ю. Маслова (1939–1982), и действовал до начала 1990-х годов. Историко-научный контекст, рассматриваемый в работе, включает связи этого семинара с другими семинарами — семинаром С. Ю. Маслова, семинаром по математической логике в ЛОМИ им. В. И. Стеклова, круг идей, рассматривавшихся на семинаре и основные результаты его деятельности, выразившиеся в научных публикациях его участников. Рассматриваются также научно-педагогические аспекты деятельности семинара (его роль в формировании молодых ученых), организационная деятельность Р. И. Фрейдзона и влияние его личности на творческую атмосферу, окружавшую семинар.

Ключевые слова: история науки, научная жизнь Ленинграда 1980-х, проблемы сокращения перебора, итерационный метод Маслова.

Цитирование: Соловьев С. В. Судьбы и семинары // Компьютерные инструменты в образовании. 2019. № 4. С. 5–14. doi:10.32603/2071-2340-2019-4-5-14

Одна из целей автора этой статьи — помочь сохранить память о двух людях и двух семинарах, хотя в большей степени в ней разговор пойдет все же об одном человеке — Р. И. Фрейдзоне, скончавшемся совсем недавно в Санкт-Петербурге (годы его жизни 1942–2018), и организованном им семинаре. О другом семинаре и его организаторе С. Ю. Маслове подробнее рассказывается в отдельной статье [1].

1.

Связь семинара Роберта Фрейдзона с судьбой С. Ю. Маслова и его семинара по теории систем — самая прямая. С. Ю. Маслов (1939–1982) погиб в автомобильной катастрофе. Роберт Фрейдзон, в ту пору доцент кафедры ВМ-1 ЛЭТИ, организовал семинар, посвященный памяти Маслова и развитию его математических идей, вскоре после его гибели. И Роберт и его семинар (в значительной мере отражение и продолжение первого) несомненно также заслуживают, чтобы их помнили.



Рис. 1. Р. И. Фрейдзон в 1980-е годы

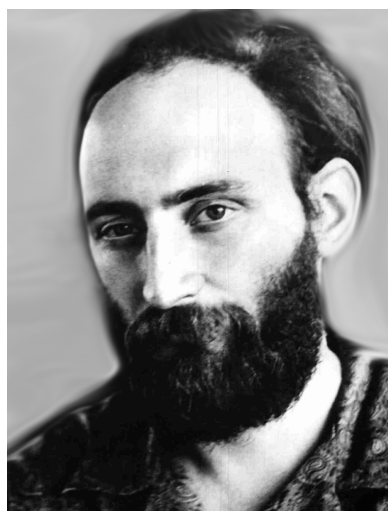


Рис. 2. С. Ю. Маслов около 1975 г.

У рассказа об этих семинарах, особенно о семинаре Р. И. Фрейдзона в ЛЭТИ (семинар Маслова, по обстоятельствам того времени, был домашним) есть и педагогический аспект — какова роль и значение подобных научных и одновременно «популяризаторских» семинаров в становлении молодых ученых?

Основой тематики семинара Р. Фрейдзона послужили незавершенные работы С. Ю. Маслова. Большинство регулярных участников семинара были аспирантами или молодыми учеными. Следует отметить, что многие были знакомы с Масловым и принимали до этого участие в его семинаре по теории систем. Главной целью, которую они перед собой ставили, была именно цель дополнить и развить ряд идей С. Ю. Маслова, по крайней мере, доведя исследования до состояния, допускающего публикацию в серьезной научной литературе, тем самым делая возможным дальнейшее развитие их в рамках более широкого научного сообщества. Цель эта в общем была достигнута. Свидетельством — 131-й выпуск «Вопросов кибернетики» (1987), более чем наполовину состоящий из статей постоянных участников семинара Фрейдзона [2]. Выпуск открывался вступительной статьей Р.И. Фрейдзона [3]. Позже, в 1997 году, в серии переводов Американского Математического Общества был опубликован его английский перевод [4].

Работа семинара продолжалась и после 1987 г., хотя и с меньшей интенсивностью. Сами идеи, однако, не утратили свой значимости, о чем свидетельствуют и последующие публикации, например [5].

Для более ясного понимания места семинара Р. И. Фрейдзона в научной жизни города и научной жизни вообще надо еще напомнить, конечно, о его связи с так называемой Ленинградской школой математической логики, теории доказательств и теории вычислимости А. А. Маркова и Н. А. Шанина [6].

Н. А. Шанин был научным руководителем кандидатских диссертаций Р. И. Фрейдзона¹ и Г. В. Давыдова, подготовленных в группе математической логики Ленинградского отделения математического института (ЛОМИ) АН СССР, которую возглавлял Н. А. Шанин. Там же были подготовлены кандидатская и докторская диссертации С. Ю. Маслова, с семинаром которого по теории систем так тесно был связан семинар Роберта.

¹ Р. И. Фрейдзон. Ограниченные аппроксимации рекурсивных предикатов. Диссертация на соискание степени кандидата физико-математических наук. Ленинград, 1973.

Большинство молодых участников семинара также были так или иначе связаны с лабораторией математической логики в ЛОМИ (автор этой статьи учился в аспирантуре у Н. А. Шанина и работал в ЛЭТИ).

В ЛОМИ собирался регулярно свой семинар по математической логике, на котором достаточно часто появлялись и участники семинара в ЛЭТИ, в том числе и в качестве докладчиков.

Научная жизнь в городе была очень динамичной. Семинары главным образом служили узловыми точками для встреч и обмена идеями, отличаясь по широте тематического охвата, критериям и строгости отбора докладов.

Многое зависело и от личности руководителя семинара.

2.

Семинар Р. И. Фрейдзона был организован осенью 1982 г. в ЛЭТИ под эгидой научного совета «Кибернетика» АН СССР. Назывался он достаточно скромно — «Проблемы сокращения перебора». Впрочем, идеи, которые на нем обсуждались, были значительно более смелыми, чем позволяет предположить название.

Для иллюстрации можно рассказать о так называемом итерационном методе С. Ю. Маслова. Итерационный метод был одной из тем, наиболее активно разрабатывавшихся участниками семинара в ЛЭТИ.

В статьях [7–9] С. Ю. Маслов обратил внимание на наличие интересных связей между проблемами выполнимости логических формул и поиском инвариантных подпространств, собственных векторов и собственных значений в линейной алгебре. Эта проблематика была выбрана С. Ю. Масловым не случайно. В контексте его научных интересов здесь скрещивалось сразу несколько важных направлений исследований, причем относящихся не только к математике. Маслова глубоко интересовали психологические аспекты теории познания — название одной из упомянутых выше статей, «Асимметрия познавательных механизмов и ее следствия», достаточно красноречиво. Маслов считал, что геометрические методы, в том числе методы линейной алгебры, могут иметь отношение к «правополушарным», интуитивным методам познания. В этом аспекте геометрические методы проверки выполнимости логических формул представляют особый интерес. Отмечал он и связь итерационных методов с так называемой стратегией «увеличения свободы выбора» (IFC-стратегией), представляющей интерес для экономики. В статьях [7–9] Маслов успел наметить основные идеи, которые, однако, требовали более углубленного исследования, прежде всего математического.

Математические аспекты итерационного метода активно изучались и обсуждались на семинаре. В итоге В. Я. Крейнович подготовил статью о семантике итерационного метода Маслова [10], М. И. Захаревич изучил его эргодические свойства [11], И. В. Меличев обратил внимание на некоторые его аномальные свойства [12]².

Но, конечно, стимулирующая роль идей С. Ю. Маслова была гораздо шире. Выше уже говорилось о его интересе к психологии научного творчества и вообще процесса познания. Каково здесь место переборных задач? С одной стороны, очень многими исследователями они воспринимаются на практике как «неизбежное зло», решение их — рутинная работа, противоположность настоящему творчеству. В общем-то, это естественно. Но, с другой стороны, именно в «борьбе» с переборными задачами создаются и оттачи-

² Эта работа в определенной мере предвосхищает современные исследования, касающиеся нестабильности распознавания образов в системах искусственного интеллекта, ср. [14].

ваются методы выявления структуры в кажущейся бесструктурной массе данных. Скрытые структуры, например, симметрии, могут использоваться для сокращения перебора. И в этом смысле переборные задачи оказываются трудным испытательным полигоном, где проходят проверку методы, значимые и для творческой составляющей научного исследования.

Для логиков, составлявших большинство участников семинара, ближе, разумеется, были варианты постановки переборных задач, так или иначе связанные с логикой. Например, Е. Я. Данцин в своей статье «Алгоритмика задачи выполнимости» [13] дал первый на русском языке подробный обзор алгоритмов решения задачи выполнимости логических формул (SAT).³ Эта задача является NP-полной, поэтому очевидна ее связь с фундаментальной до сих пор нерешенной проблемой « $P = NP$?». Статья включала и недавние результаты самого Е.И. Данцина по нетривиальным верхним оценкам в SAT. Ему удалось получить оценку вида $O(\phi^n)$ вместо, очевидно, $O(2^n)$, где ϕ — это величина «золотого сечения». В то время широко распространен был интерес к нижним оценкам, так как считалось, что на этом пути можно быстро получить отрицательное решение проблемы « $P = NP$?».⁴ Интерес к нетривиальным верхним оценкам особенно усилился после 2010 г. благодаря выдающимся работам Р. Уильямса, показавшего, каким образом нижние оценки могут выводиться из нетривиальных верхних [15–17].

Предшествовавшие написанию статьи доклады на семинаре, разумеется, ставили целью создание общего контекста для ведения совместной работы — не обязательно совместного написания статей, но взаимного влияния и обмена идеями.

Среди работ, докладывавшихся на семинаре, напрямую не связанных с итерационным методом Маслова, следует также упомянуть работу Г. В. и И. М. Давыдовых [18] о двойственных алгоритмах в дискретной оптимизации. В предшествовавшие семинару годы научные работы Г. М. Давыдова были в основном посвящены проблемам математической логики, а И. М. Давыдова занималась гораздо более прикладными задачами (например в области линейного программирования).

Давыдовы сделали серию докладов о неожиданных применениях тождественно истинных формул (тавтологий), далеко выходящих за пределы рассматриваемой обычно гарантии правильности каких-то условий. Например, они показали, что тавтологии могут быть использованы для организации недревовидного поиска наилучшего решения в задачах дискретной оптимизации. В линейной алгебре интерпретация линейной системы уравнений логической формулой позволяет доказать, что однородная линейная система устойчиво положительно разрешима тогда и только тогда, когда соответствующая формула является тавтологией. В исследовании операций из определенной интерпретации логической формулы как системы операций (работ) следует, что тавтологичность формулы гарантирует при наличии ресурсов возможность бесклиневого (бесперебойного) исполнения работ из этой системы в течение неограниченного времени.

В [2] вошел и ряд работ, авторы которых не были постоянными участниками семинара, что очевидным образом подтверждает актуальность тематики: статья Ю. В. Матиясевича «Возможные нетрадиционные методы установления выполнимости пропозициональных формул» [19], А. Я. Диковского «Модели, методы и режимы синтеза схем программ» [20], Н. К. Косовского «Нижняя граница схемной сложности при сокращении экспоненциального перебора» [21], Ан. Ал. Мучника «Об одном классе полиномиальных систем уравнений, вытекающих из формулы полной вероятности, и возможности уstra-

³ Об интересе задачи выполнимости говорил и С. Ю. Маслов.

⁴ Возможно, под влиянием полученного незадолго до этого Ю. В. Матиясевичем отрицательного решения 10-й проблемы Гильберта.

нения перебора при их решении» [22], М. И. Кановича «Эффективные исчисления как средство сокращения перебора» [23].⁵

Исследовательская работа, стимулируемая семинаром, не прекращалась и после выхода [2], в нее вовлекались новые направления, например вопросы логического программирования. В завершение этого раздела можно снова процитировать статью [5], «выросшую» из одного из докладов, темой которой послужили вероятностные выводы, то есть выводы, использующие обобщение логических правил, где заключениям правил присваиваются определенные вероятности в зависимости от вероятности посылок.

3.

В дополнение к очерку научной тематики семинара, представленному выше, стоит коснуться менее формальных аспектов, сохранившихся в памяти. Здесь автор многим обязан переписке с В. Я. Крейновичем, вспомнившим ряд существенных деталей.⁶

Как уже отмечалось, с годами интенсивность работы семинара снизилась, но, по крайней мере, в первый год заседания происходили практически каждую неделю. Обычно семинар планировался как минимум на учебную «пару», то есть с учетом перерыва около двух «астрономических» часов.

Доклады, включающие существенную математическую часть, могли занимать два-три заседания и даже больше, сочетаясь с обсуждениями. По воспоминаниям автора, так, например, обстояло дело с докладами о различных аспектах итеративного метода Маслова и докладами Давыдовых о двойственных методах в дискретной оптимизации.

Вообще, большинство докладов были достаточно неформальными, но некоторые, наоборот, отличались высоким уровнем точности и содержали многочисленные точные математические определения и результаты.

В этих случаях «старшие» участники семинара (то есть Давыдовы и Роберт) обычно с одобрением подчеркивали: «Хорошо, не снижайте уровня!»

Очень часто до начала доклада могли обсуждаться самые разные темы — от весьма общих научных до философии, истории и политики. Иногда подобные обсуждения могли затягиваться на всю первую половину заседания.

Надо еще добавить, что обсуждения, как правило, продолжались и после завершения семинара, когда надо было освободить аудиторию. Продолжались они и дальше, в кафетерии, — этот штрих тоже заслуживает упоминания.

В ЛЭТИ в то время работал очень хороший кафетерий. У института имелся договор с профессиональным училищем, где готовили стюардов заграничавания, и, в силу этого договора, они проходили стажировку в «лэтических» столовых и в кафетерии.

Детали, вроде уютного кафетерия, казалось бы, не имеют существенного отношения к науке, однако возможность продолжить обсуждение интересовавших нас идей в менее формальной обстановке в действительности способствовала поддержанию творческой атмосферы. А еще, на каком-то, может, и бессознательном уровне удачный выбор места и времени проведения семинара напоминал об организационном таланте Роберта.

Роберт был превосходным организатором. С этим согласны все, кто помнит его как коллегу. Однако сейчас (в эпоху повсеместного распространения интернета это может

⁵ Некоторые из авторов этих статей, например Н. К. Косовский, выступали на семинаре в качестве приглашенных докладчиков, но установить сейчас точный список докладов не представляется возможным.

⁶ Сам В. Я. Крейнович, благодаря его международным связям, играл существенную роль в «информационном обеспечении» семинара — так, например, на его адрес приходили регулярно выпуски «The Journal of Artificial Intelligence».

показаться удивительным) многие аспекты организационной деятельности очень трудно подтвердить документально.

Его имя можно найти в списках членов организационного комитета конференции «Методы математической логики в проблемах искусственного интеллекта и системного программирования» (Паланга, 1980), но это потому, что сами списки сохранились в архиве академика А. П. Ершова, вывешенных в интернете.⁷

Он был одним из учредителей САИИ — Советской Ассоциации Искусственного Интеллекта, образованной в 1989 г.⁸

О том, что Роберт входил в оргкомитеты таких конференций, как «Методы логики в проблемах искусственного интеллекта и информатики» (Телави, 1978), IV Всесоюзной конференции «Применения математической логики» (Таллинн, 1986), международной конференции COLOG (Таллинн, 1988), первых международных конференций по логическому программированию и автоматическому доказательству теорем, с уверенностью вспоминают коллеги.

Характерный для стиля Роберта штрих — принятие неожиданных решений. Таллиннская конференция 1986-го года включала круиз на остров Сааремаа. Конференции RCLP'91 (2nd Russian Conference on Logic Programming, St.Petersburg, Russia, 1991) и LPAR'92 (3rd International Conference on Logic Programming and Automated Reasoning, St.Petersburg, Russia, 1992) проходили на борту арендованного для проведения конференции лайнера «Михаил Ломоносов», совершавшего круиз по Ладожскому озеру; конференция LPAR'93 (4th International Conference on Logic Programming and Automated Reasoning, St.Petersburg, Russia) проходила в туристском комплексе «Ольгино» под Санкт-Петербургом.⁹



Рис. 3. Организатор (на рубеже 90-х годов)

Надо сказать, что субъективно атмосфера научного общения, обмена идеями на этих конференциях не очень отличалась от атмосферы, окружавшей семинар в ЛЭТИ, разумеется, более ограниченный по тематике и по составу участников. Вспоминаются в этой связи своего рода «выездные сессии» семинара, которые иногда организовывал Роберт.

⁷ См. <http://ershov.iis.nsk.su/ru/node/793251> (дата обращения: 11.12.2019).

⁸ См. http://raai.org/news/arch_news/2004/RAAI15.html (дата обращения: 11.12.2019).

⁹ Серия конференций LPAR продолжается и поныне, хотя, начиная с LPAR'94, уже не в России. См. <http://www.lpar.net/> (дата обращения: 11.12.2019).

Об одном таком «выезде» автору напомнил В. Я. Крейнович: «Однажды Роберт предложил всем съездить в Таллинн. Я был не готов к такой импровизированной поездке (автор, впрочем, тоже, — С. С.), но большинство поехало...»¹⁰

Вспомнить обо всех этих деталях автору представляется необходимым, потому что научное творчество, успехи и достижения, зависят не только от докладов и публикаций и не только ими измеряются. Для того чтобы жизнь научного сообщества могла продолжаться, чтобы оно могло оставаться в полном смысле научным сообществом, не менее важна неформальная сторона дела.

Роль Роберта как организатора семинара в ЛЭТИ была, возможно, более значительной в том, что касалось этой неформальной стороны, именно здесь больше чувствовался его особенный неповторимый стиль, о котором вспоминают все участники семинара, о котором рассказывалось в этой статье. И не только они, как показывает следующая цитата из воспоминаний Б. А. Кушнера об основателе Ленинградской школы математической логики А. А. Маркове: «Вспоминается Роберт, отличавшийся даже и во внешних формах поведения подлинным джентльменством (редкая, почти немислимая вещь в советской среде)...» [24].

Благодарности. Автор благодарит И. М. Давыдову, Е. Я. Данцину, В. Я. Крейновича, П. Лорентса и И. Л. Стукалову, чьи воспоминания очень помогли в написании статьи. Особая благодарность Е. Ю. Ногиной, И. Л. Стукаловой и Анне Фрейдзон (дочери Р. И. Фрейдзона) за предоставленные фотографии.

Список литературы

1. Соловьев С. В. Семинар на последнем этаже // Звезда. 2019. № 3. С. 177–196.
2. Поспелов Д. А., Минц Г. Е., Фрейдзон Р. И. (Ред.) Проблемы сокращения перебора // Вопросы кибернетики. 1987. Т. 131.
3. Фрейдзон Р. И. Алгоритмика переборных задач // Вопросы кибернетики. 1987. Т. 131. С. 3–6.
4. Kreinovich V., Mints G. (Eds.) Problems of Reducing the Exhaustive Search // AMS Translations. 1997. Ser. 2. Vol. 187.
5. Данцин Е. Я., Крейнович В. Я. Вероятностный вывод в системах прогнозирования // ДАН СССР, сер. математика, 1989. Т. 307. Вып. 1.
6. Всемирнов М. А. и др. Николай Александрович Шанин (некролог) // УМН, 2013. Т. 68. Вып. 4 (412). С. 173–176.
7. Маслов С. Ю. Итеративные методы в переборной модели, как модель интуитивных // Тезисы IX Всесоюзной конференции по кибернетике. Сухуми. 1981. С. 26–28.
8. Маслов С. Ю. Асимметрия познавательных механизмов и ее следствия // Семиотика и информатика. М.: ВИНТИ. 1983. Вып. 20. С. 3–31.
9. Маслов С. Ю. Исчисления с монотонными выводами и их экономическая интерпретация // Записки Научных Семинаров ЛОМИ, 1979. Т. 88. С. 90–105.
10. Крейнович В. Я. Семантика интерактивного метода С. Ю. Маслова // Вопросы кибернетики. 1987. Т. 131. С. 30–62.
11. Захаревич М. И. Эргодические свойства итерационного метода С. Ю. Маслова // Вопросы кибернетики. 1987. Т. 131. С. 63–75.
12. Меличев И. В. Аномальные свойства итерационного метода С. Ю. Маслова // Вопросы кибернетики. 1987. Т. 131. С. 76–86.
13. Данцин Е. Я. Алгоритмика задачи выполнимости // Вопросы кибернетики. 1987. Т. 131. С. 7–29.
14. Moosavi-Dezfooli S. M., Fawzi A., Frossard P. DeepFool: A simple and accurate method to fool deep neural networks // Proceedings of IEEE Conference on computer vision and pattern recognition. Las Vegas, Nev. USA. 2016. P. 2574–2582.

¹⁰ Персональное сообщение, email от 15.11.2018.

15. Williams R. Improving exhaustive search implies super polynomial lower bounds // Proceedings of the 42nd Annual ACM Symposium on Theory of Computing «STOC-2010». 2010. P. 231–240. Journal version: SIAM J. Comput. 2013. Vol. 42(3). P. 1218–1244.
16. Williams R. Non-uniform ACC circuit lower bounds // Proceedings of the 26th Annual IEEE Conference on Computational Complexity «CCC-2011». 2011. P. 115–125. Journal version: J. ACM, 2014. Vol. 61(1). P. 2:1–2:32. doi: 10.1145/2559903
17. Williams R. Algorithms for circuits and circuits for algorithms: Connecting the tractable and intractable // Proceedings of the International Congress of Mathematicians «ICM 2014», 2014. Vol. 4. P. 659–682.
18. Давыдов Г. В., Давыдова И. М. Двойственные алгоритмы в дискретной оптимизации // Вопросы кибернетики. 1987. Т. 131. С. 90–117.
19. Матиясевич Ю. В. Возможные нетрадиционные методы установления выполнимости пропозициональных формул // Вопросы кибернетики. 1987. Т. 131. С. 87–89.
20. Диковский А. Я. Модели, методы и режимы синтеза схем программ // Вопросы кибернетики. 1987. Т. 131. С. 117–148.
21. Косовский Н. К. Нижняя граница схемной сложности при сокращении экспоненциального перебора // Вопросы кибернетики. 1987. Т. 131. С. 167–179.
22. Мучник Ан. Ал. Об одном классе полиномиальных систем уравнений, вытекающих из формулы полной вероятности, и возможности устранения перебора при их решении // Вопросы кибернетики. 1987. Т. 131. С. 180–195.
23. Канович М. И. Эффективные исчисления как средство сокращения перебора // Вопросы кибернетики. 1987. Т. 131. С. 149–166.
24. Кушнер Б. А. Учитель (К столетию А. А. Маркова, Мл.) // В кн.: Из истории кибернетики. Новосибирск: СО РАН. 2006. С. 189–262.

Поступила в редакцию 26.11.2019, окончательный вариант — 11.12.2019.

Соловьев Сергей Владимирович, кандидат физико-математических наук, профессор университета Тулузы-3, научно-инженерный факультет, отделение информатики, Тулузский исследовательский институт по информационным технологиям (IRIT), ✉ Sergei.Soloviev@irit.fr

Computer tools in education, 2019

№ 4: 5–14

<http://cte.eltech.ru>

doi:10.32603/2071-2340-2019-4-5-14

Destinies and Seminars (on the Seminar « Problems of Reducing the Exhaustive Search» at LETI in a Historical and Scientific Context)

Soloviev S. V.¹, PhD, HDR, ✉ Sergei.Soloviev@irit.fr

¹IRIT, University of Toulouse-3, IRIT, 118 route de Narbonne, 31062 Toulouse, France

Abstract

The paper discusses the history of the seminar “Problems of Reducing the Exhaustive Search” organized at the Leningrad Electrotechnical Institute (LETI) by R. I. Freidson (1942–2018). The seminar began its work in 1982, setting as its primary goal the

development of the ideas of S. Yu. Maslov (1939–1982), and its work continued until the beginning of the 1990s. The historical and scientific context considered in this work, includes the links of this seminar with other seminars, such as S. Yu. Maslov's seminar and the seminar on mathematical logic at the Leningrad Branch of the Steklov Mathematical Institute (LOMI) along with the ideas developed at the seminar and the main results of its activity expressed in the scientific publications. Also considered are the scientific and pedagogical aspects of the seminar (its formative influence on young scientists), the organizational activities of R. I. Freidson and the influence of his personality on the creative atmosphere surrounding the seminar.

Keywords: *history of science, scientific life of 1980es in Leningrad, problems of exhaustive search, Maslov's iterative method.*

Citation: S. V. Soloviev, "Destinies and Seminars (On the Seminar 'Problems of Reducing the Exhaustive Search' at LETI in a Historical and Scientific Context)," *Computer tools in education*, no. 4, pp. 5-14, 2019 (in Russian); doi:10.32603/2071-2340-2019-4-5-14

References

1. S. V. Soloviev, "Seminar na poslednem etazhe" [Seminar on the Last Floor], *Zvezda*, no. 3, pp. 177–196, 2019 (in Russian).
2. D. A. Pospelov, G. E. Mints, and R. I. Freidson eds., "Problemy sokrashcheniya perebora" [Problems of Reducing Exhaustive Search], in *Voprosy Kibernetiki*, Moscow: Nauka, vol. 131, 1987 (in Russian).
3. R. I. Freidson, "Algoritmika perebornykh zadach" [Algorithmics of exhaustive search], in *Voprosy Kibernetiki*, Moscow: Nauka, vol. 131, pp. 3–6, 1987 (in Russian).
4. V. Kreinovich and V. G. Mints eds., "Problems of Reducing the Exhaustive Search," *AMS Translations*, ser. 2, vol. 178, 1997.
5. E. Ya. Dantsin and V. Ya. Kreinovich, "Veroyatnostnyi vyvod v sistemakh prognozirovaniya" [Probabilistic deduction in forecasting systems], *Doklady Akademii Nauk SSSR*, vol. 307, no. 1, 1989 (in Russian).
6. M. A. Vsemirnov et al., "Nikolai Aleksandrovich Shanin (nekrolog)" [Nikolay Aleksandrovich Shanin (obituary)], *Uspekhi Matematicheskikh Nauk*, vol. 68, no. 4(412), pp. 173–176, 2013 (in Russian).
7. S. Yu. Maslov, "Iterativnye metody v perebornoi modeli, kak model' intuitivnykh" [Iterative methods in intractable problems as a model of intuitive methods], in *Abstracts of 9-th All-Union symposium on Cybernetics*, Sukhumi, USSR, 1981, pp. 26–28 (in Russian).
8. S. Yu. Maslov, "Asimetriya poznavatel'nykh mekhanizmov i ee sledstviya" [Asymmetry of cognitive mechanisms and its implications], *Semiotics and Information Science*, vol. 20, pp. 3–31, 1983 (in Russian).
9. S. Yu. Maslov, "Ischisleniya s monotonnymi vyvodami i ikh ekonomicheskaya interpretatsiya" [Calculi with monotone deductions and their economic interpretation], *Zapiski Nauchnykh Seminarov LOMI*, vol. 88, pp. 90–105, 1979 (in Russian).
10. V. Ya. Kreinovich, "Semantika interaktivnogo metoda S. Yu. Maslova" [Semantics of interactive method of S. Yu. Maslov], *Voprosy Kibernetiki*, Moscow: Nauka, vol. 131, pp. 30–62, 1987 (in Russian).
11. M. I. Zakharevich, "Ergodicheskie svoistva iteratsionnogo metoda S. Yu. Maslova" [Ergodic properties of the iterative method of S. Yu. Maslov], *Ibid.*, pp. 63–75, 1987.
12. I. V. Melichev, "Anomal'nye svoistva iteratsionnogo metoda S. Yu. Maslova" [Anomalous properties of the iterative method of S. Yu. Maslov], *Ibid.*, pp. 76–86.
13. E. Ya. Dantsin, "Algoritmika zadachi vpolnimosti" [Algorithmics of the satisfiability problem], in *Voprosy Kibernetiki*, Moscow: Nauka, vol. 131, 1987, pp. 7–29 (in Russian).
14. S. M. Moosavi-Dezfooli, A. Fawzi, and P. Frossard, "DeepFool: A simple and accurate method to fool deep neural networks," in *Proc. of IEEE Conf. on computer vision and pattern recognition*, Las Vegas, NV, 2016, pp. 2574–2582.

15. R. Williams, “Improving exhaustive search implies super polynomial lower bounds,” in *Proc. of the 42nd Annu. ACM Symp. on Theory of Computing (STOC-2010)*, 2010, pp. 231–240; Journal version: *SIAM J. Comput.*, vol. 42, no. 3, pp. 1218–1244, 2013; doi: 10.1137/10080703X
16. R. Williams, “Non-uniform ACC circuit lower bounds,” in *Proc. of the 26th Annu. IEEE Conf. on Computational Complexity (CCC-2011)*, 2011, pp. 115–125; Journal version: *JACM*, vol. 61, no.1, pp. 2:1–2:32, 2014; doi: 10.1145/2559903
17. R. Williams, “Algorithms for circuits and circuits for algorithms: Connecting the tractable and intractable,” in *Proc. of the Int. Congr. of Mathematicians (ICM 2014)*, vol. 4, 2014, pp. 659–682.
18. G. V. Davydov and I. M. Davydova, “Dvoistvennyye algoritmy v diskretnoi optimizatsii” [Dual algorithms in discrete optimization], in *Voprosy Kibernetiki*, Moscow: Nauka, vol. 131, 1987, pp. 90–117 (in Russian).
19. Yu. V. Matiyasevich, “Possible nontraditional methods of establishing the satisfiability of propositional formulas,” in *Voprosy Kibernetiki*, Moscow: Nauka, vol. 131, 1987, pp. 87–89 (in Russian).
20. A. Ya. Dikovskiy, “Modeli, metody i rezhimy sinteza skhem programm” [Models, methods and modes for the synthesis of program schemes], in *Voprosy Kibernetiki*, Moscow: Nauka, vol. 131, 1987, pp. 117–148 (in Russian).
21. N. K. Kossovskii, “Nizhnaya granitsa skhemnoi slozhnosti pri sokrashchenii eksponentsial’nogo perebor” [Lower bounds of combinatorial complexity for exponential search reduction], in *Voprosy Kibernetiki*, Moscow: Nauka, vol. 131, 1987, pp. 167–179 (in Russian).
22. An. A. Muchnik, “Ob odnom klasse polinomial’nykh sistem uravnenii, vytekayushchikh iz formuly polnoi veroyatnosti, i vozmozhnosti ustraneniya perebora pri ikh resheniia” [On a class of polynomial systems of equations following from the formula for total probability and possibilities for elimination search in solving them], in *Voprosy Kibernetiki*, Moscow: Nauka, vol. 131, 1987, pp. 180–195 (in Russian).
23. M. I. Kanovich, “Effektivnye ischisleniya kak sredstvo sokrashcheniya perebora” [Effective calculi as a technique for search reduction], in *Voprosy Kibernetiki*, Moscow: Nauka, vol. 131, 1987, pp. 149–166 (in Russian).
24. B. A. Kushner, “The Teacher (To the centennial of A.A. Markov, Jr.),” in *From the History of Cybernetics*, Ya. Fet, ed. Novosibirsk: Geo Academic Publishers, 2006, pp. 189–262 (in Russian).

Received 26.11.2019, The final version — 11.12.2019.

Sergei V. Soloviev, PhD, HDR, professor, University of Toulouse-3, IRIT, 118 route de Narbonne, 31062 Toulouse, France, ✉ Sergei.Soloviev@irit.fr