



ИПМ им.М.В.Келдыша РАН

К 95-летию С.П.Курдюмова

К 95-летию  
со дня рождения  
С.П. Курдюмова



Горизонты  
математического моделирования  
и теория самоорганизации

Г.Г.Малинецкий

**Научная школа Курдюмова**

***Рекомендуемая форма библиографической ссылки***

Малинецкий Г.Г. Научная школа Курдюмова // Горизонты математического моделирования и теория самоорганизации. К 95-летию со дня рождения С.П. Курдюмова. — М.: ИПМ им. М.В.Келдыша, 2024. — С. 3-7.

<https://doi.org/10.20948/k95-0>

<https://keldysh.ru/e-biblio/k95/0.pdf>

# Научная школа Курдюмова

Г.Г. Малинецкий

*Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН*

# Scientific school of Kurdyumov

G.G. Malinetskiy

*RAS Keldysh Institute of Applied Mathematic*

В 2023 г. исполнилось 95 лет со дня рождения выдающегося специалиста по математическому моделированию и одного из основоположников синергетики член-корреспондента РАН Сергея Павловича Курдюмова. В связи с этой датой было проведено несколько научных конференций. Одна из них, посвященная развитию его научного наследия в области математического моделирования, прикладной математики и синергетики, прошла в Институте прикладной математики. Статьи, отражающие доклады участников конференции, представлены в этом сборнике.

У Сергея Павловича было очень много учеников – научных «детей», «внуков» и «правнуков». Мы постарались позвать из всех.

К сожалению, в последние годы несколько друзей, коллег и любимых учеников Сергея Павловича ушли от нас. Это Александр Петрович Михайлов, занимавшийся в течение ряда лет математической политологией и социологией. Елена Сергеевна Куркина, работы которой были связаны с возникновением диссипативных структур в химии, математической экономикой и законами организации сложных структур. Сергей Александрович Посашков, занимавшийся теорией квазилинейных и параболических уравнений и создатель факультета математических методов в Финансовой академии при Правительстве РФ.

Мы предложили выступить ученикам Сергея Павловича, работающим в других странах – Виктору Александровичу Галактионову (Великобритания), Алексею Борисовичу Потапову (Канада), Стефке Димовой (Болгария), Михаилу Сергеевичу Бурцеву (Великобритания), Илье Валерьевичу Фельдштейну (США). Жаль, что по разным причинам они не смогли выступить у нас.

На конференции произнес речь научный руководитель Института Борис Николаевич Четверушкин и рассказал, как в годы его физтеховской

и институтской молодости его очаровывал бодрый, оптимистичный, устремленный в будущее Сергей Павлович. Наш учитель – С.П. Курдюмов – в течение многих лет руководил кафедрой математического моделирования на факультете управления и прикладной математики МФТИ.

В выступлении директора ИПМ Александра Ивановича Аптекарева подчеркивалась огромная роль Сергея Павловича в сохранении и развитии Института. Самые тяжелые 1990-е гг. пришлось на годы его работы в качестве директора ИПМ, когда решался вопрос, быть Институту или не быть. Его демократичность, умение убеждать людей, бескорыстие, научная романтика сыграли огромную роль в том, что мы сегодня есть.

Не все прозвучавшие доклады вошли в этот сборник. Сергей Павлович ценил симметрию исследуемых моделей и точные решения, дающие ориентиры исследователям в этом нелинейном мире. Он часто говорил про «цепочку» исследователей, занимающихся инвариантно-групповыми свойствами уравнений: «Ли – Овсянников – Дородницын – Свирщевский». Этот взгляд получил подтверждение. Владимир Анатольевич Дородницын стал ведущим специалистом в России в области исследований инвариантно-группового анализа разностных схем, а Сергей Ростиславович Свирщевский и Виктор Александрович Галактионов предложили новый способ построения аналитических решений и выпустили книгу, высоко оцененную специалистами в области математической физики. Жаль, что этих докладов нет в сборнике.

Сергей Павлович высоко ценил работы своего друга и коллеги Юрия Сергеевича Сигова и его научной школы, занимавшейся кинетическими уравнениями и неустойчивостями в плазме, которые требуют такого описания. Группу Юрия Сергеевича он включил в своё время в состав своего отдела, ныне это сектор Вадима Дмитриевича Левченко. Эти задачи требуют огромных расчетов. В построении алгоритмов для них сотрудниками сектора был сделан прорыв, что сразу расширило круг доступных задач. Именно этому был посвящен доклад В.Д. Левченко.

Теперь стоит коротко сказать о работах, вошедших в сборник.

В докладе **Георгия Геннадьевича Малинецкого** было представлено «фамильное серебро» – дан обзор работ школы С.П. Курдюмова по теории режимов с обострением и нестационарных диссипативных структур, получившей мировое признание. Это та самая «курдюмовская шинель», из которой вышли ученики Сергея Павловича. Это те задачи, которые позволили вырастить «детский сад» Сергея Павловича (выражение Ю.Б. Котова) из студентов, аспирантов, молодых сотрудников.

Наш учитель говорил, что «ученые должны быть спасителями человечества – предлагать обществу пути в будущее и оценивать риски, связанные с этим выбором». В частности, одним из направлений его деятельности в Институте были задачи, связанные с лазерным термоядерным синтезом (ЛТС). Эти работы Институт совместно вел с коллективом лауреата

Нобелевской премии Николая Геннадьевича Басова. Доклад одного из «старших детей» Сергея Павловича **Николая Васильевича Змитренко** был посвящен началу и концу этого научно-технического проекта. Начало было связано с надеждами, проектами, расчетами. Конец – с последними экспериментами, в которых энергетический выход в 1,5 раза превысил количество вложенной энергии. Научный результат достигнут. Надежды Сергея Павловича и других энтузиастов этого направления оправдались.

Большое впечатление произвел доклад другого «старшего курдюмовца» **Георгия Георгиевича Еленина**. В химической кинетике, астрономии, теоретической физике ученые вновь и вновь сталкиваются с необходимостью исследовать гамильтоновы системы и выяснять динамику решений на больших характерных временах. Можно ли предложить эффективные компьютерные алгоритмы в общем случае в этой области – вопрос открытый. Но в частном случае задачи Кеплера – основы астрономии – в докладе было показано, что это можно сделать.

Сергей Павлович в течение многих лет стремился найти мостик между представлениями теории диссипативных структур и квантовой механикой. В докладе **Константина Эдуардовича Плохотникова** был представлен замечательный «классический» метод расчета разнообразных кластеров воды.

Сергей Павлович часто цитировал Гераклита, связывавшего мир с постоянно вспыхивающим и гаснущим огнем. Однако режимы с обострением ближе к взрыву, а не к горению. Кроме того, на защите одного из учеников Сергея Павловича Андрей Николаевич Тихонов как-то произнес: «Вот заглянуть бы за момент обострения». Теория самоорганизованной критичности раскрывает статистику «лаavin», которые можно сравнить с пожарами в активной нелинейной среде. В докладе **Андрея Викторовича Подлазова** представлено точное решение модели Осло, иными словами, определены количественные характеристики «пожаров», которые затем сравниваются с результатами вычислительного эксперимента. Сергей Павлович часто говорил, что после решения конкретных задач меняются общие представления, возникают новые понятия. Представленная модель показывает, что здесь дела обстоят именно таким образом.

Сергей Павлович считал, что инструменты для математического моделирования должны не только усложняться (что естественно – и Бог, и черт в деталях), но во многих случаях упрощаться. Один из инструментов такого упрощения – клеточные автоматы. В них не только пространственные и временная координаты принимают конечный набор значений (как в разностных схемах), но конечное, дискретное число значений есть и у самих функций. И хотя на этом языке мыслили Нейман, Конвей, Винер, его по-прежнему недооценивают. Изменить эту ситуацию постарался **Михаил Евгеньевич Степанцов**. Его доклад был посвящен доказательству глубокого и неочевидного соответствия между моделированием уравнений в

частных производных на основе разностных схем и при помощи клеточных автоматов. Для многих социально-экономических систем преимущество автоматов очевидно.

Сергей Павлович с большим интересом относился к мировой динамике. В 1971 г. шоком для мирового сообщества стали результаты Дж. Форестера, предсказывавшие обвал мировой экономики к 2050 г. при сохранении тенденций, сложившихся в период с 1900 по 1970 гг. Выход из тупика нашел работавший в ИПМ Всеволод Александрович Егоров. Этот выход связан с созданием гигантских отраслей по переработке созданных и создаваемых промышленных и бытовых отходов и по рекультивации земель, выведенных их хозяйственного оборота. Однако время мировой динамики и глобализации закончилось – мы вступили в мир сотрудничества и соперничества отдельных цивилизаций. Поэтому доклад **Сергея Анатольевича Махова**, моделирующего эту реальность, вызвал большой интерес. Он показал, что без силового противостояния у мира было бы еще 10-15 лет благополучной динамики.

Область применения идей синергетики очень широка. Это показал доклад **Азрета Ахматовича Кочкарова**, посвященный высоким технологиям растениеводства и применению в этой области математического моделирования, искусственного интеллекта и работы с большими данными. Такие технологии могут преобразить сельское хозяйство. Пока они дороже, чем хотелось бы, но возможно именно за ними будущее.

Рост городов, динамика систем расселения самым тесным образом связаны с самоорганизацией. Сергей Павлович вложил в свое время большие усилия в становление математической географии в нашей стране. Необычную оригинальную модель пространственно-временной динамики населения представил **Павел Вячеславович Куракин**.

Сергей Павлович полагал, что синергетика преобразует науку, культуру, мир. В философии он видел способ внести то, что поняли математики, занимающиеся самоорганизацией, в культуру и массовое сознание. Он был частым гостем в Институте философии РАН (ИФ РАН), поэтому сборник заканчивается докладами, которые можно отнести к философии.

Заведующий сектором ИФ РАН **Владимир Григорьевич Буданов** рассказал о предстоящем «антропологическом переходе» и о междисциплинарном реформатировании многих научных дисциплин. Во многом благодаря его усилиям на гуманитарных специальностях вузов читался курс «Концепции современного естествознания». Длительное время он был ведущим телепрограммы «Наследие мастеров», один из выпусков которой был посвящен Сергею Павловичу.

Сергей Павлович считал, что идеи и подходы синергетики кардинально изменят мир. И он оказался прав – нейронные сети уже преобразили мир, они находят одного человека из миллиарда, переводят на сотню языков и выигрывают в го у самых сильных игроков мира. В мозге челове-

ка 86 млрд нервных клеток – нейронов – воля, сознание, логика формируется в результате самоорганизации, определяющей динамику связей между нейронами. Нейронные сети, в создании которых в последнее десятилетие произошел прорыв, воплощают понятые принципы самоорганизации в нейробиологии. Сергей Павлович мечтал, что когда-нибудь машины помогут писать программы для программистов или вообще позволят обойтись без этой работы. И эти мечты осуществились! Нейросети научились работать на уровне начинающих программистов, а в ряде задач учатся на наборе примеров или «учат друг друга» при освоении многих игр. И это только начало. Скорее всего, нейросети изменят социальную, экономическую, технологическую основу общества. Об этом рассказывает самая длинная и вдохновляющая статья сборника, представленная **Владимиром Сергеевичем Смолиным**. Конечно, масштаб предстоящих перемен касается и мировоззренческих, и философских вопросов.

Дух Сергея Павловича, его научная романтика и оптимизм ощущались на этой конференции. Думаю, что Учителю многое понравилось бы на этом форуме в его родном институте.