

ПЕРСОНАЛИИ

ЮРИЙ ЕРЕМЕЕВИЧ БОЯРИНЦЕВ (очерк научной и педагогической деятельности)



Он человек был – человек во всем; ему подобных мне уже не встретить.

В. Шекспир

Юрий Еремеевич родился 12 мая 1933 года в пос. Полевском Свердловской области. В 1951 году он окончил среднюю школу и поступил на физико-математический факультет Уральского государственного университета. Во время учебы в университете Юрий Еремеевич, по его воспоминаниям, специализировался в разделах математики, связанных с теорией групп. Под руководством видного специалиста в этой области Н.Ф. Сесекина была выполнена дипломная работа о локально нильпотентных группах.

Однако стране требовались специалисты по численным методам решения уравнений в частных производных. Поэтому, в числе выпускников, показавших наилучшие успехи в учебе, после собеседования с Николаем Николаевичем Яненко, по окончании университета в 1956 году он был направлен в «почтовый ящик» на Урале. В советское время это было общее название режимных организаций, в которых производились работы по оборонной тематике. Этот «почтовый ящик» сейчас известен во всем мире по названию Всесоюзный научно-исследовательский институт технической физики. Уральский период биографии Юрия Еремеевича связан с работой под руководством одного из крупнейших специалистов по численным методам решения уравнений в частных производных, будущим академиком АН СССР, Н.Н. Яненко, о котором он тепло отзывался до конца своей жизни и считал себя его учеником.

Для вычислений использовались первые советские электронно-вычислительные машины (ЭВМ). Юрий Еремеевич рассказывал, что вычисления на первых ЭВМ требовали не только высокой математической культуры, но и таких качеств, как молниеносная реакция, знание наизусть машинных кодов, позволявшие при признаках сбоя в расчетах внести коррективы в работу ЭВМ. Несмотря на жесткий контроль выполнения плановых заданий, всячески поощрялись занятия научными исследованиями.

Естественно, первые работы Ю.Е. Бояринцева посвящены теории разностных схем. В числе первых в мире исследователей он изучал устойчивость разностных схем, получаемых при дискретизации уравнений в частных производных с переменными коэффициентами. Как выше уже говорилось, работая на Урале и в Новосибирске, Юрий Еремеевич исследует численные методы решения систем дифференциальных уравнений в частных производных. Результаты исследований разностных схем были опубликованы в Докладах АН СССР [1, 2] и подытожены в развернутой статье [3].

Итогом этих исследований стала защита в 1966 году кандидатской диссертации «О сходимости разностных схем с переменными коэффициентами». После защиты диссертации Юрия Еремеевича назначают заведующим лабораторией в Вычислительном центре СО АН СССР в Новосибирске.

Второе значительное достижение этого периода жизни Ю.Е. Бояринцева связано с изучением метода сферических гармоник для уравнения переноса нейтронов (статья [4], написанная совместно с О.П. Узнадзе). Юрий Еремеевич всегда интересовался некорректными задачами. Им выполнена (совместно с В.Г. Васильевым) работа [5] по применению метода квазиобращения к задаче теплопроводности с обратным временем. На основе этих исследований указан метод, предотвращающий накопление ошибок округления при расчетах на ЭВМ.

В 1971 году Юрий Еремеевич переезжает в Иркутск и назначается заведующим кафедрой вычислительной математики в Иркутском государственном университете (ИГУ). Через некоторое время он основывает лабораторию вычислительной математики в Сибирском энергетическом институте (СЭИ) СО АН СССР и параллельно продолжает преподавательскую деятельность в ИГУ в должности доцента.

В 1975 году в рамках СЭИ был создан Отдел теории систем и кибернетики (ОТСК) с целью формирования на его базе самостоятельного научно-исследовательского института с функциями вычислительного центра коллективного пользования. Лаборатория вычислительной математики становится подразделением ОТСК с тем же названием. В 1980 году ОТСК преобразуется в отдельный институт – Иркутский вычислительный центр СО АН СССР, переименованный позднее в Институт динамики систем и теории управления (ИДСТУ) СО РАН. Лаборатория вычислительной математики переименовывается в лабораторию алгебро-дифференциальных систем.

С переездом в Иркутск Юрий Еремеевич полностью меняет тему исследований. Он начинает изучать сингулярные (вырожденные) системы дифференциальных уравнений, включая начальные и краевые задачи для них, с целью построения эффективных численных методов для их решения. Для обозначения объекта исследования в нашей и зарубежной литературе использовались и используются другие термины: «вырожденные системы ОДУ» «дескрипторные системы», «алгебро-дифференциальные системы (АДС)», «сингулярные системы», «системы обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ), неразрешенные относительно производных», «вырожденные системы ОДУ» и даже «неявные (implicit) системы ОДУ». В настоящее время термин ДАУ потеснил все другие названия. Сейчас название «differential-algebraic equations (DAE)» входит в список терминов Американского математического общества. Это вызвано тем, что в приложениях математическая модель объекта исследования часто имеет вид взаимосвязанных дифференциальных и алгебраических уравнений. В своих работах Ю.Е. Бояринцев остановился на термине «АДС».

Интерес к АДС и численным методам их решения возник не только как к интересному математическому объекту. Он стимулировался проблемами математического моделирования в прикладных областях, в частности, в теориях электронных схем и электрических цепей, механике и химической кинетике, гидродинамике и теплотехнике. В начале 70-х годов прошлого века в зарубежной литературе были уже опубликованы работы по применению для численного решения АДС разностных методов, основанных на формуле дифференцирования назад (ФДН). Был также опубликован ряд работ в СССР и за рубежом исследователей в прикладных областях с применением разностных схем, используемых для решения ОДУ в нормальной форме. Но эти работы носили экспериментальный характер. Решали АДС с применением известных разностных схем и получали (не получали) приближение к решению. Положение осложнялось тем, что не существовало конструктивных теорем существования.

Ввиду этого обстоятельства, параллельно конструированию численных методов создавалась качественная теория вырожденных систем. В работе [6] впервые в известной авторам литературе было исследовано влияние Кронекеровой структуры пучка матриц (см. [7]) коэффициентов АДС на поведение численных методов и обнаружено интересное явление, возникающее при применении разностных методов для решения АДС, названное позже «пограничным слоем ошибок». Суть этого явления состоит в том, что в первых точках сетки отклонение разностного приближения от решения АДС стремится к бесконечности, при стремлении шага сетки к нулю. Статья [6] прояснила ряд принципиальных вопросов и сыграла большую роль в выборе направления исследований всей лаборатории.

В монографии [8], используя методику дифференциальных приближений из [9], для случая регулярного пучка матриц коэффициентов исходной системе ставится в соответствие возмущенная система с неособенной матрицей при производной искомой вектор-функции. Исследована сходимость решения возмущенной начальной задачи к решению исходной задачи. Показано, что «пограничному слою ошибок» соответствует пограничный слой в окрестности начальной точки с аналогичным поведением.

Практически одновременно были построены общие решения линейных АДС с постоянными коэффициентами в конечной форме, включая случай, когда число уравнений не совпадает с размерностью искомой вектор-функции. При этом формулы решений выписаны с использованием различных обобщенных матриц (полуобратных, матрицы Дразина и введенной Ю.Е. Бояринцевым матрицы A^B).

Структура общего решения АДС для систем с постоянными коэффициентами полностью определяется Кронекеровой канонической формой пучка. Попытка построения решений АДС с переменными матрицами коэффициентов по той же методике натолкнулась на препятствие: Кронекерова структура пучка матриц неинвариантна относительно преобразований, использующих замену переменных в АДС. Структуры исходного и возникающего после замены переменных пучков могут совершенно различаться. Ю.Е. Бояринцевым были выделены классы АДС со свойством *совершенства* и свойством Ω , для которых неособенные преобразования не меняют типа Кронекеровой структуры пучка матриц исходной системы. Для АДС, обладающих этими свойствами и их разностных аналогов, выписаны формулы общих решений в конечном виде.

В ходе этих исследований сформировались важнейшие понятия теории АДС, такие как *индекс АДС*, *допустимые начальные данные*, *простая структура*, *особые*

точки и т.д. Начальные и краевые условия для АДС нельзя выбирать произвольно. Были разработаны способы проверки совместности начальных и краевых условий с заданной АДС и способы проектирования начальных данных на многообразия допустимых начальных данных в случае их несовместности.

Итогом этих исследований стала защита в 1983 году докторской диссертации «Вырожденные системы обыкновенных дифференциальных и разностных уравнений». На базе этих работ и работ сотрудников лаборатории были созданы пакеты прикладных программ (ППП) для исследования и численного решения алгебро-дифференциальных систем, реализованные на ЭВМ советского производства БЭСМ-6 и ЕС-1065. Сотрудник лаборатории Логинов А.А. разработал системную структуру пакета, включая язык запросов и ввод входных данных, максимально приближенный к обычной математической записи.

После защиты докторской диссертации Юрий Еремеевич продолжает много и плодотворно трудиться по развитию теории ДАУ и построению численных методов для их решения. В 2002 году он передает руководство лабораторией своему ученику В.Ф. Чистякову, переходит на должность главного научного сотрудника и работает в этой должности до самой своей смерти.

Юрий Еремеевич был широко эрудированным ученым и прекрасным педагогом. В рамках тематики, начало которой он положил, защищено три докторских и несколько кандидатских диссертаций. Ю.Е. Бояринцев задавал общее направление исследований и вмешивался только для того, чтобы поправить или дать консультацию. При чтении лекций Ю.Е. Бояринцев очень тщательно подходил к отбору учебного материала. Доказывалось немного теорем, но каждая теорема разбиралась «по косточкам». Одному из авторов данной статьи особенно запомнились лекции, посвященные теореме Лакса и критерию Неймана.

В иркутский период научной деятельности Юрий Еремеевич предпочитал публиковать результаты своих исследований в виде монографий, где можно подробно и с большим количеством поучительных примеров изложить материал. Им написано (3 из них в соавторстве) и опубликовано в издательстве «Наука» 7 монографий. Книга [10] переиздана на английском языке [11].

Отметим еще одно обстоятельство. В монографиях содержатся результаты исследований самого Ю.Е. Бояринцева и других авторов по теории обобщенных обратных матриц (включая матрицу Дразина и ее обобщения). Эти монографии являются хорошим и пока единственным в России введением в этот предмет.

По инициативе и участии Ю.Е. Бояринцева на математическом факультете ИГУ читались спецкурсы по новым тогда разделам вычислительной математики. Таисия Ивановна Назаренко прочитала курсы лекций «Интервальный анализ», «Численные методы решения ОДУ типа Адамса». Валентина Никитична Васильева прочитала курсы лекций «Теория сплайнов», «Теория некорректных задач», включая метод квазиобращения Лионса. Анатолий Соломонович Апарцин прочитал курс лекций «Численные методы решения интегральных уравнений Вольтерра первого рода». Сам Юрий Еремеевич Бояринцев читал спецкурс «Теория разностных схем (теорема Лакса и критерий устойчивости Неймана, численное решение ДАУ)». Лекции оказались настолько увлекательными, что один из авторов этих строк решил специализироваться в этой области математики и стал доктором физико-математических наук. Некоторые курсы были настолько полными, что вполне заслуживали издания в виде

отдельной книги. Юрий Еремеевич на протяжении многих лет был председателем ГЭК математических факультетов Иркутских вузов. Его с удовольствием приглашали в классическом и педагогическом университетах.

Юрий Еремеевич создал школу по изучению линейных и нелинейных АДС. Более того, эти исследования дали толчок к анализу свойств широкого спектра вырожденных задач и построению численных методов их решения. Некоторые направления, в частности теория систем интегральных и интегро-дифференциальных уравнений типа Вольтерра с вырожденной матрицей в области определения при главном члене, имеют несомненный приоритет в нашей стране и за рубежом. Вырожденные системы интегральных уравнений принято сейчас называть интегро-алгебраическими уравнениями. Развита метод построения неклассических разностных схем и методов численного решения АДС и ИАУ на основе вариационных принципов.

Следует отметить, что ряд направлений исследований был намечен эскизно. Это касается изучения систем уравнений в частных производных с вырожденными в области определения матрицами при производных искомой вектор-функции и управляемости (наблюдаемости) систем АДС, содержащих управление. В последнее десятилетие по этим направлениям учениками Ю.Е. Бояринцева получены новые результаты, опубликованные в самых авторитетных изданиях.

Заканчивая эту статью, скажем о прекрасных человеческих качествах Юрия Еремеевича Бояринцева. Добрый, но в тоже время твердый человек, от которого ни разу (ни разу!) никто не слышал грубого слова. Неизменно выдержанный, вежливый, строго одетый, внимательный Юрий Еремеевич был образцом русского интеллигента. Юрий Еремеевич очень серьезно относился к любому делу, в особенности к текстам своих работ: все его труды, будь то статья или монография всегда были выверены до мелочей. Математика была для него жизнью. К нематематическим увлечениям Юрия Еремеевича можно отнести классическую музыку, он был тонким ее ценителем, и классическую литературу. Юрий Еремеевич очень любил произведения таких авторов как Салтыков-Щедрин, Пушкин, Тютчев.

Юрий Еремеевич ушел из жизни, но оставил свой след в светлой памяти знавших его лично людей и след в науке в виде книг, статей, учеников и плодотворных идей, которые еще долго будут привлекать все новые поколения исследователей.

Т.П. Бояринцева, М.В. Булатов, И.В. Орлова, В.Ф. Чистяков.

Литература

1. Janenko, N.N. Convergence of Difference Schemes for the Heat Equation with Variable Coefficients / N. N. Janenko, Ju. E. Bojarincev (Russian) // Dokl. Akad. Nauk SSSR. – 1961. – V. 139. – P. 1322–1324.
2. Bojarincev, Ju. E. On Convergence of Difference Schemes for the Waveequation with Variable Coefficients / Ju. E. Bojarincev // Dokl. Akad. Nauk SSSR. – 1965. – V. 165. – P. 474–475. (in Russian)
3. Бояринцев, Ю.Е. О сходимости разностных схем для уравнений с переменными коэффициентами / Ю. Е. Бояринцев // Тр. МИАН СССР. – 1966. – Т. 74. – С. 16–37.

4. Бояринцев, Ю.Е. Об одном способе решения нестационарного уравнения переноса / Ю.Е. Бояринцев, О.П. Узнадзе // Журнал вычислительной математики и математической физики. – 1967. – Т. 7, № 6. – С. 1406–1413.
5. Бояринцев, Ю.Е. Об устойчивости метода квазиобращения при решении некорректных эволюционных уравнений / Ю.Е. Бояринцев, В.Г. Васильев // Журнал вычислительной математики и математической физики. – 1969. – Т. 9, № 4. – С. 951–952.
6. Бояринцев, Ю.Е. Применение разностных методов к решению регулярных систем обыкновенных дифференциальных уравнений / Ю.Е. Бояринцев, В.М. Корсуков // Вопросы прикладной математики. – Иркутск, 1975. – С. 140–152.
7. Гантмахер, Ф.Р. Теория матриц / Ф.Р. Гантмахер. – М: Наука, 1967 – 575 с.
8. Бояринцев, Ю. Е. Регулярные и сингулярные системы линейных обыкновенных дифференциальных уравнений / Ю.Е. Бояринцев. – Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1980. – 222 с.
9. Шокин, Ю.И. О связи корректности первых дифференциальных приближений и устойчивости разностных схем для гиперболических систем уравнений / Ю.И. Шокин, Н.Н. Яненко // Математические заметки. – 1968. – Т. 4, № 5. – С. 493–502.
10. Бояринцев, Ю.Е. Методы решения вырожденных систем обыкновенных дифференциальных уравнений / Ю.Е. Бояринцев. – Новосибирск: Наука, 1988. – 158 с.
11. Boyarintsev, Yuri Methods of Solving Singular Systems of Ordinary Differential Equations / Yuri Boyarintsev. – Chichester. – N.Y.; Brigbang; Toronto; Singapore: John Wiley and Sons, 1992. – 163 pp.
12. Численные методы решения сингулярных систем / Ю.Е. Бояринцев, В.А. Данилов, А.А. Логинов, В.Ф. Чистяков. – Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1989. – 261 с.
13. Бояринцев, Ю.Е. Методы решения непрерывных и дискретных задач для сингулярных систем уравнений / Ю.Е. Бояринцев. – Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1996. – 261 с.
14. Бояринцев, Ю.Е. Алгебро-дифференциальные системы: методы решения и исследования / Ю.Е. Бояринцев, В.Ф. Чистяков. – Новосибирск: Наука, 1998. – 224 с.
15. Бояринцев, Ю.Е. Линейные и нелинейные алгебро-дифференциальные системы / Ю.Е. Бояринцев. – Новосибирск: Наука, 2000. – 222 с.
16. Бояринцев, Ю.Е. Пучки матриц и алгебро-дифференциальные системы / Ю.Е. Бояринцев, И.В. Орлова. – Новосибирск: Наука, 2006. – 124 с.