

DOI: 10.21538/0134-4889-2020-26-1-7-11

**ALEXANDER BORISOVICH KURZHANSKI***(On the Occasion of His 80th Birthday)*

19 октября 2019 г. исполнилось 80 лет выдающемуся российскому математику и механику, специалисту в области процессов управления, действительному члену Российской Академии наук Александру Борисовичу Куржанскому.

С именем А. Б. Куржанского связаны фундаментальные достижения в математической теории управления, в теории обратных задач наблюдения и идентификации, нелинейном анализе и оптимизации. Им развита теория гарантированного оценивания динамики систем по результатам измерений — методы идентификации, фильтрации и интерполяции для обыкновенных и распределенных процессов. Ему принадлежат важные результаты по дуальности задач игрового управления и позиционного наблюдения, по теории синтеза управлений в условиях неполной информации. В его работах построена теория трубок траекторий для нелинейных дифференциальных включений, отвечающих задачам моделирования недоопределенных динамических систем и целевого управления ансамблями траекторий. Созданы конструктивные методы решения задач оценивания и идентификации для динамических систем со статистически неопределенными параметрами. Развита теория наблюдения для эволюционных систем, описываемых уравнениями в частных производных. Предложена единая схема построения регуляризаторов для некорректных обратных задач оценивания в таких системах. Разработаны новые вычислительные методы эллипсоидального и полиэдрального исчисления в теории управления и оценивания, теория синтеза импульсных управлений и быстрых управлений.

В 1957 г. после окончания с медалью средней школы № 1 в Свердловске А. Б. Куржанский поступил на энергетический факультет Уральского политехнического института (УПИ). Лекции по высшей математике студентам факультета читал профессор Николай Николаевич Красовский, он же вел упражнения в группе, где учился А. Б. Куржанский. Именно с этого времени под сильным впечатлением от общения с Н. Н. Красовским началось увлечение Александра Борисовича математикой. Во время учебы в УПИ он одновременно посещал лекции на заочном отделении физико-математического факультета Уральского государственного университета им. А. М. Горького (УрГУ), где сдал экзамены по всем основным курсам факультета. После защиты в 1962 г. диплома с отличием в УПИ А. Б. Куржанский продолжил обучение в аспирантуре математико-механического факультета УрГУ под руководством Н. Н. Красовского. В 1965 г. он защитил кандидатскую диссертацию и затем продолжил работу на организованной в те годы Н. Н. Красовским кафедре прикладной математики Уральского государственного университета.

В 1967 г. Александр Борисович был приглашен на работу в Свердловское отделение Математического института имени В. А. Стеклова АН СССР (СОМИ, ныне Институт математики и механики имени Н. Н. Красовского Уральского отделения РАН — ИММ УрО РАН).

В 1971 году Александр Борисович успешно защитил докторскую диссертацию “Управление экстремально связанным движением и позиционное наблюдение”. Развита в диссертации концепция позиционного наблюдения привела его в дальнейшем к созданию теории гарантированного апостериорного оценивания состояний и параметров динамических систем по результатам наблюдений. Результаты этой теории составили основу будущей монографии А. Б. Куржанского “Теория управления и наблюдения в условиях неопределенности”, опубликованной в издательстве “Наука” в 1977 г. и сразу ставшей востребованной среди специалистов по теории управления и ее приложениям. В 1973 г. он возглавил созданную в Институте лабораторию (позднее отдел) оптимального управления, состоящую из его учеников — выпускников УрГУ. В 1976 г. за цикл работ по математической теории управления А. Б. Куржанскому совместно с Н. Н. Красовским, Ю. С. Осиповым, А. И. Субботиным была присуждена Ленинская премия. В 1977 г. А. Б. Куржанский был назначен директором Института, сменив на этом посту академика Н. Н. Красовского. Директором ИММ А. Б. Куржанский работал до 1983 г., много сил и времени отдавая укреплению авторитета ведущих научных направлений Института, развитию его международных контактов, оснащению современной вычислительной техникой. В 1981-м он был избран членом-корреспондентом, а в 1990-м — действительным членом АН СССР по Отделению механики и процессов управления.

Результаты исследований А. Б. Куржанского получили и международное признание. В 1984 г. он получает приглашение возглавить методологическую программу “Системы и принятие решений” в Международном институте прикладного системного анализа (IIASA, Лаксенбург, Австрия). В этом институте А. Б. Куржанский проработал с 1984 по 1992 г., осуществляя руководство исследованиями по программе и созданному в ее рамках проекту “Динамические системы”. Деятельность Александра Борисовича на этом посту способствовала значительному укреплению авторитета программы и Института прикладного системного анализа в целом. К работе в проектах программы он сумел привлечь ведущих ученых Австрии, СССР, США, Франции, Японии и других стран. В этот период при его непосредственном участии было организовано несколько десятков научных конференций, издано большое количество научных статей и ряд монографий. В течение нескольких лет А. Б. Куржанский был одновременно заместителем директора IIASA. В 1992 г. он был удостоен звания Почетного ученого Института прикладного системного анализа (IIASA Honorary Scholar).

С 1992 г. А. Б. Куржанский — профессор Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова (МГУ), организатор и заведующий кафедрой системного анализа на факультете вычислительной математики и кибернетики МГУ, где много сил и энергии уделяет подготовке молодых специалистов, магистров и аспирантов по новым направлениям теории процессов управления и системного анализа, математического моделирования сложных систем с обратной связью.

Широкий и разнообразный круг научных интересов А. Б. Куржанского. Он автор более 250 научных работ, в том числе ряда монографий, опубликованных в ведущих отечественных и зарубежных издательствах.

Созданные А. Б. Куржанским методы гарантированного оценивания были распространены как им самим, так и его коллегами и учениками на статистически неопределенные системы со случайными возмущениями, имеющими неточно известные характеристики. Теория гарантированного оценивания была развита также для систем с запаздыванием и систем, описываемых уравнениями в частных производных. Для указанных систем была разработана конструкция вспомогательной задачи гарантированного оценивания, динамическая оценка в которой в форме уравнений минимаксного фильтра служит регуляризованным решением обратной задачи.

Во многих разделах теории управления и дифференциальных игр возникают задачи описания траекторных трубок динамических систем с неопределенными параметрами. В серии работ Александра Борисовича и его учеников, посвященных проблемам многозначного анализа, были предложены аналоги дифференциальных уравнений в пространствах множеств и развита

теория таких уравнений. Были созданы конструктивные методы описания семейств траекторий дифференциальных включений, сохраняющихся (выживающих) в течение предписанного времени в пределах заданного множества фазового пространства. Получены эволюционные уравнения (уравнения интегральной воронки), описывающие динамику во времени областей достижимости дифференциальных включений с фазовыми ограничениями. Был введен и исследован новый класс эволюционных уравнений, в терминах решений которых дано описание конфликтно-достижимых областей управляемой системы, множеств разрешимости задачи об управлении при наличии фазовых ограничений и противодействия, семейств сильно и слабо инвариантных отображений.

Важное место в исследованиях А. Б. Куржанского занимает разработка вычислительных алгоритмов решения задач гарантированного оценивания и управления. Им была разработана техника эллипсоидальных аппроксимаций выпуклых множеств и на ее базе получены эволюционные уравнения для внешних и внутренних эллипсоидальных оценок различных многозначных интегралов, представляющих, в частности, прямые и попятные области (трубки) достижимости систем высокой размерности. Принципиальной особенностью развиваемых А. Б. Куржанским методов (в отличие от других известных результатов по эллипсоидальным оценкам в теории управления) является возможность получения сколь угодно точных двусторонних приближений решений путем пересечения внешних и объединения внутренних эллипсоидальных оценок по множествам управляющих параметров. Поскольку отдельные оценки вычисляются независимо, процедуры аппроксимации допускают эффективное распараллеливание вычислений. Основы развиваемых методов эллипсоидального оценивания отражены в монографии (А.В. Kurzhanski, I. Valyi, *Ellipsoidal Calculus for Estimation and Control*, Birkhäuser, Boston, 1997, 321 p.) Подобные идеи были также заложены в схему построения оценок при помощи другого конечно-параметрического класса множеств — параллелотопов. На основе предложенных алгоритмов были разработаны эффективные вычислительные процедуры и созданы пакеты прикладных программ для решения оценивания и синтеза управлений в линейных системах с неопределенными возмущениями.

Теория гарантированного апостериорного оценивания послужила основой для разработки новых оригинальных методов синтеза стратегий управления, когда в качестве состояний системы рассматриваются информационные множества. А. Б. Куржанским сформулирован принцип оптимальности при неопределенности и принцип разделения для таких задач. Задачу синтеза оказалось возможным разделить на конечномерную задачу оценивания и бесконечномерную (в классе траекторных трубок) задачу управления. Решение каждой из подзадач, получаемое посредством применения соответствующего варианта гамильтонова формализма, в линейном случае сводится к построениям в конечномерных пространствах. Теория и вычислительные методы решения задач программного управления и задач синтеза управлений по неполным данным изложены в монографии (А.В. Kurzhanski, P. Varaiya, *Dynamics and Control of Trajectory Tubes, Theory and Computation, Systems & Control: Foundations & Appl.*, Birkhäuser, Boston, 2014, 445 p.)

Существенное продвижение в работах А. Б. Куржанского и его учеников из МГУ получило решение трудной проблемы синтеза управлений для импульсных систем. Разработанная теория синтеза опирается на обобщения вариационных неравенств Гамильтона — Якоби — Беллмана. В рамках созданной теории допускается использование “быстрых” управлений, содержащих импульсы высших порядков. Программный вариант подобных управлений изучался еще в ранних работах Александра Борисовича. Разработка теории синтеза импульсных управлений позволила в рамках единой формализации исследовать и задачи управления для гибридных систем, содержащих скачкообразные перестройки состояний. Последние результаты в данной области содержатся в недавно вышедшей книге (А.В. Kurzhanski, A.N. Daryin. *Dynamic Programming for Impulse Feedback and Fast Controls*, Springer-Verlag, London Ltd., 2020, 275 p.)

Заметное место в работах А. Б. Куржанского последних лет занимает актуальная тематика

координированного целевого синтеза управления группой управляемых объектов, совершающих совместное движение к целевому множеству. Разрабатываемые подходы к решению опираются на развитые им ранее теорию и методы синтеза управлений системами с многозначными траекториями, учитывающие эффект нелинейности систем, недоопределенность моделей и неполноту текущих измерений в каналах обратной связи.

Обширна и многогранна научно-организационная деятельность Александра Борисовича. Он входит в состав редакционных коллегий многих ведущих отечественных и международных научных журналов и серий монографий издательств Springer и Birkhäuser. В качестве председателя и члена оргкомитетов и программных комитетов Куржанский принимает активное участие в организации и проведении многих международных конференций высокого уровня. Он выступал с пленарными и приглашенными докладами на престижных международных конгрессах и конференциях, с лекциями и докладами во многих ведущих университетах и научных центрах в России и за рубежом.

А. Б. Куржанский возглавляет Национальный комитет России по автоматическому управлению, он член бюро Отделения энергетики, машиностроения, механики и процессов управления РАН, член Национальных комитетов России по теоретической и прикладной механике и по системному анализу при Президиуме РАН.

Высокий авторитет А. Б. Куржанского в международных научных кругах позволяет ему достойно представлять интересы России в международных организациях. Он давно и плодотворно работает в ИФАК (IFAC — Международная федерация автоматического управления), был членом Руководящего совета ИФАК. Александр Борисович удостоен знака Почетного деятеля федерации. Во многом благодаря его авторитету и энергии удалось провести в России в последние годы несколько крупных международных конференций ИФАК, а также привлечь ведущих мировых специалистов к участию в ряде организуемых в нашей стране, в том числе в Екатеринбурге, конференций по теории управления.

Работа со студентами и аспирантами всегда была в числе основных приоритетов для А. Б. Куржанского. С 1965 по 1984 г. он трудился на математико-механическом факультете Уральского государственного университета им. А. М. Горького в качестве ассистента, далее доцента и, наконец, профессора кафедры прикладной математики. Им было прочитано большое количество общих и специальных курсов по современным разделам математики. Его увлеченность и эрудиция, глубина и оригинальность изложения материала всегда привлекали студентов на его лекции и семинары. Среди учеников Александра Борисовича — более 30 докторов и кандидатов наук (в их числе несколько заведующих кафедрами и профессоров ведущих вузов), успешно занимающихся математическими исследованиями и преподавательской деятельностью в России и за рубежом.

Возглавив в 1992 г. созданную им кафедру системного анализа на факультете вычислительной математики и кибернетики МГУ, А. Б. Куржанский за короткий промежуток времени сумел собрать команду высококлассных специалистов, разработать программы и организовать обучение студентов по ряду новых перспективных направлений теории управления и системного анализа. Несмотря на большую занятость административной и научной работой, А. Б. Куржанский и по сей день несет значительную лекционную нагрузку, читая для студентов кафедры несколько специальных курсов. В 1999 г. А. Б. Куржанскому было присвоено звание “Заслуженный профессор Московского государственного университета”.

А. Б. Куржанский возглавляет известную научную школу по теории управления, объединяющую как сотрудников и аспирантов кафедры системного анализа в МГУ, так и его учеников из Екатеринбурга. На протяжении многих лет А. Б. Куржанский продолжает поддерживать тесные контакты с Уральским отделением АН в целом и Институтом математики и механики им. Н. Н. Красовского в частности. Он руководит научной тематикой отдела оптимального управления ИММ УрО РАН, состоящего из его учеников (среди которых 4 доктора наук). Ученики Александра Борисовича и руководство Института всегда высоко ценят его искреннюю

заинтересованность и деятельное участие в проблемах и делах Института, его постоянную поддержку, помощь и конструктивные советы при решении многих научных и организационных вопросов. В 2017 г. А. Б. Куржанский награжден Президиумом УрО РАН медалью имени Н. Н. Красовского за научные труды, научные открытия и изобретения, имеющие большое значение для науки и практики в области математики, механики и информатики.

Александра Борисовича отличает широта интересов и незаурядная эрудиция. Он прекрасно разбирается во многих вопросах, не связанных непосредственно с его исследовательской работой, является тонким ценителем классической музыки и литературы, знатоком мировой и отечественной истории. А. Б. Куржанский всегда был и остается настоящим патриотом России, глубоко и искренне переживающим за судьбу страны.

Александр Борисович встречает свой юбилей полным творческой энергии, новых идей и планов, активно продолжая плодотворную научную и педагогическую работу.

Коллектив Института математики и механики им. Н. Н. Красовского УрО РАН, редколлегия журнала, ученики, коллеги и друзья сердечно поздравляют Александра Борисовича со славным юбилеем, желают ему крепкого здоровья, новых творческих свершений и успехов!