**Вклад ученого в теорию связи**

Быховский Марк

**Академик Колмогоров- HOMO UNIVERSALES**

Труды А. Н. Колмогорова определили пути развития многих разделов математики ХХ века, и не только. Значительное влияние работы Колмогорова оказали и на формирование нескольких направлений в теории связи, в частности на развитие статистических методов анализа радиотехнических систем, а также теорий оптимальной линейной фильтрации и информации. Следует отметить, что два первых направления Колмогоров разрабатывал, развивая «математический язык» и не имея в виду какие-либо конкретные прикладные задачи. Проблемы теории информации привлекли его внимание после прочтения знаменитой статьи Клода Шеннона «Математическая теория связи».

Статистические методы исследования стали применяться в радиотехнике в середине 30-х годов. Их интенсивное использование в конце 40-х было обусловлено задачами обработки принимаемых сигналов в присутствии шумов. За счет повышения чувствительности приемных устройств планировалось расширить зону действия радиолокационных станций, аналогичные задачи приходилось решать и разработчикам систем радиосвязи.

В создании статистических методов анализа радиотехнических систем существенную роль сыграла одна из самых замечательных работ А.Н. Колмогорова «Об аналитических методах в теории вероятностей», о которой П. С. Александров и А. Я. Хинчин написали так: «Во всей теории вероятностей ХХ столетия трудно указать другое исследование, которое оказалось бы столь же основополагающим для дальнейшего развития науки и ее приложений, как эта работа Андрея Николаевича. В наши дни из нее развилась обширная область учения о вероятностях – теория случайных процессов, по своему объему и количеству приложений могущая соперничать с «классическими» частями теории вероятностей. Управляющие марковскими процессами дифференциальные «уравнения Колмогорова», строго и во всей широте математически обоснованные, содержали в себе в качестве частных случаев все те уравнения (Смолуховского, Чэпмена, Фоккера-Планка и др.), которые до тех пор кустарно, без достаточного основания и четкого выяснения лежащих в их основе предпосылок выводились и применялись физиками по отдельным поводам».

В теории связи «уравнения Колмогорова» позволяют по стохастическим дифференциальным уравнениям, описывающим процесс, протекающий в исследуемой системе обработки сигналов (в общем случае нелинейной), найти распределение вероятности перехода этого процесса из состояния в момент времени t в другое состояние в момент времени s > t.

В статистическую радиотехнику эти уравнения, по-видимому, были впервые введены одним из крупнейших советских ученых Р. Л. Стратоновичем.

В 40-х годах в радиотехнических системах начинают применяться нелинейные следящие устройства, работающие при действии флуктуационных помех. Одна из важнейших проблем, возникающих при конструировании таких систем, – срыв слежения. Явления срыва слежения наблюдаются, например, в системах автоподстройки частоты и фазы, которые широко применяются в современной радиотехнике,х приема сигналов с частотной модуляцией со сниженным порогом. Разработанный Колмогоровым математический аппарат оказывается адекватным тем сложным процессам, протекающим в следящих устройствах, и он начинает широко применяться для их анализа.

С развитием спутниковых и тропосферных систем связи в 60-х годах возросла актуальность повышения помехоустойчивости приема сигналов с частотной модуляцией. Широко применялись следящие демодуляторы: синхронно-фазовый детектор, демодулятор с обратной связью по частоте, следящий гетеродин и т. д. Теория помехозащищенности основных типов следящих демодуляторов, основанная на применении теории марковских случайных процессов и уравнений Фоккера-Планка–Колмогорова, получила развитие в конце 60-х – начале 70-х годов.

Важнейший раздел теории связи – теория оптимальной линейной фильтрации, т. е. выделение полезного сигнала из смеси сигнала и шума, поступающей на вход линейного фильтра. Теория позволяет синтезировать оптимальный линейный фильтр так, чтобы на его выходе сигнал воспроизводился с минимальной ошибкой. Применяется теория в задачах, связанных с созданием помехоустойчивых систем приема сигналов. При этом должно учитываться поведение смеси принятого сигнала и шума в прошлом, а также их статистические характеристики. Назначением оптимального фильтра является зачастую предсказание полезного сигнала (его экстраполяция) либо оценка его производной или интеграла по времени, а в общем случае на выходе оптимального фильтра должен воспроизводиться (с минимальной среднеквадратичной ошибкой) заданный линейный функционал от полезного сигнала.

В 1941 году Колмогоров опубликовал фундаментальную математическую работу «Интерполирование и экстраполирование стационарных случайных последовательностей», которая заложила математические основы теории оптимальной линейной фильтрации. Краткие ее тезисы были опубликованы в «Докладах» Французской академии наук еще в 1939 году. В США аналогичные идеи были разработаны во время Второй мировой войны американским ученым Норбертом Винером. В 1949 году секретный отчет о результатах выполненных им исследований был рассекречен и издан в виде монографии «Интерполяция, экстраполяция и сглаживание стационарных временных рядов».

Выдающиеся ученые современности академик А. Н. Колмогоров и Норберт Винер – авторы основных положений теории оптимальной линейной фильтрации, заложившей фундамент современной теории связи.

Большое значение для теории связи имели работы Колмогорова по теории информации, к проблемам которой он обратился в начале 50-х годов. Основные идеи были изложены в 1956 году в докладе «Теория передачи информации» на сессии АН СССР по научным проблемам автоматизации производства. Математический фундамент теории был заложен в работах Колмогорова, Гельфанда, Яглома и Хинчина.

А. Н. Колмогоров показал, что наряду с вероятностным шенноновским подходом к определению количества информации возможны и во многих случаях более эффективны комбинаторный и алгоритмический. Поэтому был создан новый раздел науки – алгоритмическая теория информации.

\*\*\*

Академик Колмогоров оставил человечеству огромное наследство. Память о великих людях увековечивают, присваивая их имена улицам городов, кораблям, научным институтам. Однако истинное бессмертие человек обретает, сливаясь с идеями, которые он открыл миру. Имя Пифагора навеки связано с теоремой, имя Колмогорова – с фундаментальными результатами современной математики. В теории вероятностей и математической статистике есть неравенство Колмогорова, уравнения Колмогорова–Чепмена, критерий Колмогорова–Смирнова.

Символично, что по инициативе Колмогорова в МГУ в 1956 г. открылся первый в нашей стране семинар по математической лингвистике, а в 1959-м на филологическом факультете было создано отделение прикладной лингвистики.

Колмогоров, подобно великим ученым прошлого Эйлеру и Бернулли, был математиком-универсалом, внесшим огромный вклад во многие ее разделы — математическую логику, гидромеханику, теорию множеств и функций, классическую механику. Он автор ряда основополагающих работ по стиховедению и теории связи.

Жизнь Андрея Николаевича Колмогорова – пример необычайно счастливой и созидательной жизни человека, рано осознавшего свое предназначение, человека, чей духовный рост неуклонно продолжался всю жизнь. Один из его учеников математик В. А. Успенский вспоминал: «Я никогда не встречал человека, ведущего более полноценную жизнь, чем Колмогоров. Профессиональные занятия математикой (и притом на высшем доступном человеческому интеллекту уровне) гармонически сочетались с чтением стихов, созерцанием картин, слушанием музыки, путешествиями, высокой физической культурой – именно культурой, а не спортом: состязательным спортом Колмогоров не занимался никогда».

Размышления о своем будущем сопровождали его всю жизнь. В 1943 г. он начинает вести дневник: «...записывать, что сделано, что хочется изменить в своей жизни, что нужно сделать, и потом проверять исполнение – идея не новая, но одинаково полезная и в 16, и в 40 лет... к сорока годам я стал живее чувствовать, как жизнь течет и уходит... насколько прожитое уже имеет самостоятельную ценность по сравнению с предстоящим далее...». Андрей Николаевич составляет план, который иронично называет «Календарный план того, как сделаться великим человеком, если на это хватит охоты и усердия». В нем он намечает активную научную деятельность до своего 60-летия, а позже подготовку учебников для средней школы, полного собрания своих математических работ и написание «Истории форм человеческой мысли». Его биография показывает, что этому человеку удалось реализовать по крайней мере часть своих замыслов.

Колмогоров родился 25 апреля 1903 года в г. Тамбове. Его отец Николай Матвеевич Катаев был агрономом. Мать Мария Яковлевна Колмогорова скончалась при родах, и он был усыновлен и воспитывался ее сестрой Верой Яковлевной. Дед Колмогорова по материнской линии был очень крупным помещиком и предводитекой губернии, дед по отцовской линии – священником. Раннее детство Колмогоров провел в Ярославской губернии в родовом имении родителей его матери Туношне. На его воспитание наложили отпечаток, с одной стороны, обстановка богатого дворянского дома, а с другой – привычки либеральной интеллигенции.

В 1910 г. Колмогоров поступает в приготовительный класс частной гимназии Е.А. Репман в Москве, где царили демократические порядки: обучение мальчиков и девочек велось совместно, отсутствовала введенная царским правительством процентная норма приема евреев, осуществлялись многие педагогические эксперименты. Школа, к которой Колмогоров сохранил чувство глубокой признательности, способствовала формированию в учениках любви к знаниям. Он вспоминал: «...многие школьники состязались между собой в самостоятельном изучении дополнительных материалов, иногда даже с коварными замыслами посрамить своими знаниями менее опытных учителей... по математике я был одним из первых... но более серьезными научными увлечениями в школьное время для меня были сначала биология, а потом русская история». Колмогоров много читает, самостоятельно изучает труд К. А. Тимирязева «Жизнь растений» и высшую математику по энциклопедии Брокгауза и Ефрона. В школьные годы у А.Н. Колмогорова начали складываться глубокие дружеские связи и его отношение к дружбе между людьми как к высшей духовной ценности.

По окончании школы в 1920 г. поступает на физико-математический факультет Московского государственного университета. Решение стать математиком пришло не сразу. Андрей Николаевич писал: «Техника тогда воспринималась как что-то более серьезное и необходимое, чем чистая наука. Одновременно с математическим отделением университета я поступил на металлургический факультет Менделеевского института, в котором прозанимался около двух месяцев. Но скоро интерес к математике перевесил сомнения в актуальности профессии математика». Однако «первым научным докладом, который я сделал в 17-летнем возрасте в МГУ, был доклад в семинаре профессора С.В. Бахрушина о новгородском землевладении».

С МГУ, который А. Н. Колмогоров закончил в 1925 г., неразрывно связана вся его жизнь. В годы учебы Андрей Николаевич активно участвует в работе семинаров, проводимых крупнейшими русскими математиками Н. Н. Лузиным, А. К. Власовым и

В. В. Степановым, выполняет ряд математических работ, одна из которых – построение ряда Фурье, расходящегося почти всюду, принесла ему мировую известность.

Еще студентом Колмогоров начинает преподавать в средней школе. Будучи аспирантом Н. Н. Лузина, Колмогоров в сотрудничестве с А. Я. Хинчиным, впоследствии также академиком, проводит исследования в области теории вероятностей, где добивается выдающихся научных результатов.

По окончании аспирантуры А. Н. Колмогоров защищает докторскую диссертацию и становится старшим научным сотрудником Научно-исследовательского института математики и механики при МГУ и одновременно заведующим кафедрой математики в Интуте им. Карла Либкнехта. К этому времени относится и одно из важнейших событий в его жизни – начало дружбы с другим выдающимся советским математиком Павлом Сергеевичем Александровым. На закате жизни Колмогоров писал: «Для меня эти 53 года нашей тесной и неразрывной дружбы явились основой того, что вся моя жизнь в целом оказалась преисполненной счастья, а основой моего благополучия явилась непрестанная заботливость со стороны Павла Сергеевича».

Гениальный человек далеко не всегда является высоконравственной личностью. Однако в А. Н. Колмогорове естественным образом совмещались высочайший интеллект, порядочность и способность любви к ближнему. Проявлялось это в отношениях с учениками, в его многогранной общественной деятельности, на которую он не жалел ни сил, ни времени, в активном содействии реформированию математического образования в средней школе.

Огромное значение Колмогоров придавал дружбе и глубокой духовной связи между людьми. В одном из его писем изложены следующие мысли о дружбе: «...человечество всегда мне представлялось в виде множества блуждающих в тумане огоньков, которые лишь смутно чувствуют слияние, рассеиваемое всеми другими, но связаны сетью ясных огненных нитей, каждый в одном, двух, трёх...направлениях. И возникновение таких прорывов через туман к другому огоньку вполне разумно называть ЧУДОМ». И ещё: «...скажу только, что по собственному опыту знаю, что наша человеческая любовь происходит по образцу некоторого индуктивного процесса: любовь к данному «избранному» человеку, в котором действительно на каждую чёрточку его существа радуешься и в котором всякое проявление красоты человеческой воспринимаешь, порождает такую большую радость и освобождает такую большую «энергию любви», что эта радость ни во что другое не может перейти, как любовь ко всем людям и ко всему миру – пусть несовершенную, но такую, на которую данный человек способен. А этот проблеск универсальной любви даёт новый толчок к любви индивидуальной и т. д.

...если люди научатся радоваться, они сами собой научатся и любить, потому что невозможно радоваться всей душой и в то же время хоть к кому-нибудь относиться не по-человечески. А радоваться легче всего и проще всего, имея «избранного друга»...»

С июня 1930 по март 1931 г. Колмогоров находился в своей первой научной командировке в Европе, где обсуждал с крупнейшими немецкими и французскими математиками вопросы теории функций, диффузных случайных процессов, теории множеств, вероятностей и интуиционистской логики. В Геттингене, который в 30-х годах был Меккой математиков, он встречается с Д. Гильбертом, Г. Вейлем, Р. Курантом, Э. Ландау, Э. Нетер; во Франции устанавливает научные связи с М. Фреше, П. Леви, Э. Борелем и А. Лебегом.

В 1931 г. Колмогоров становится профессором МГУ, а в 1933-м назначается директором Института математики и механики при МГУ. В этой должности он работает до 1939 г. и с 1951 по 1953 год.

В середине 30-х годов А. Н. Колмогоров и П. С. Александров приобретай дом в деревне Комаровка на берегу Клязьмы (недалеко от станции Болшево), где и протекала в основном их творческая жизнь. В Москву они приезжали лишь на два-три дня в неделю для преподавания и решения административных вопросов. Дом в Комаровке всегда был полон учеников. Регулярно навещали ученых и выдающиеся зарубежные математики – Адамар, Фреше, Хопф и др.

В 1939 г. А. Н. Колмогорова избирают действительным членом АН СССР и одновременно (до 1942-го) академиком-секретарем отделения физико-математических наук.

В 1942 г. Андрей Николаевич женится на своей однокласснице Анне Дмитриевне Егоровой.

Будучи крупнейшим специалистом по проблемам турбулентности, А. Н. Колмогоров создает в 1946 г. лабораторию атмосферной турбулентности в Институте теоретической геофизики АН СССР. С 1954 по 1956 год и с 1978-го до своей кончины А. Н. Колмогоров заведовал отделением математики механико-математического факультета МГУ, а с 1954 по 1958-й был деканом этого факультета, где основал кафедру теории вероятностей. С 1980 года он заведовал кафедрой математической логики.

Колмогоров много выступал с лекциями по широчайшему кругу научных проблем. Он блистательно излагал свои мысли на бумаге, однако устную его речь, по воспоминаниям учеников, воспринимать было неимоверно трудно. В. А. Успенский писал: «...Колмогоров всегда предполагал наличие у собеседника или слушателя интеллекта, равного колмогоровскому... он считал, что весь мир населен Колмогоровыми, потому его лекции для школьников были доступны скорее старшекурсникам университета. Его лекции для аспирантов с интересом и пользой для себя слушали доктора наук, доклады для докторов наук не понимал никто, кроме самого докладчика».

В 1960 г. Андрей Николаевич создал лабораторию вероятностных и статистических методов. Задачами лаборатории были изучение и разработка вероятностно-статистических методов, их пропаганда и внедрение в научную, инженерную и медицинскую практику, педагогическая и издательская деятельность. Лаборатория походила на небольшой институт со специализированной библиотекой, помещением для ЭВМ, аудиторией. Особое внимание уделялось формированию библиотеки, книги для которой приобретались на валютные средства, пожертвованные А. Н. Колмогоровым.

В начале 1970-х годов А. Н. Колмогоров участвовал в двух экспедициях на научно-исследовательском судне «Дмитрий Менделеев». В качестве научного руководителя этих рейсов он совместно с учениками проводил исследования турбулентности океана.

В 1953 г. А. Н. Колмогоров был избран почетным членом Московского математического общества и многие годы оставался его президентом.

Колмогоров внес уникальный вклад в дело распространения математических знаний. Он был членом редколлегий многих журналов: «Математический сборник», «Доклады АН СССР», «Успехи математических наук». В 1956 г.

Андрей Николаевич основал журнал «Теория вероятностей и ее применение» и в течение десяти лет был его главным редактором.

В 1966 г. его избираюических наук. Андрей Николаевич был одним из инициаторов создания при МГУ школы-интерната, в которой сам и преподавал. Совместно с академиком И. К. Кикоиным он стоял у истоков создания физико-математического журнала «Квант» для юношества, многие годы был первым заместителем главного редактора. Делами отечественной средней школы Андрей Николаевич интересовался до последних дней своей жизни.

С середины 30-х годов А. Н. Колмогоров много сил отдавал подготовке Большой и Малой советских энциклопедий. Он возглавлял математический отдел и написал немало блестящих статей.

Колмогоров был избран членом многих академий и научных обществ, почетным профессором университетов в различных странах мира. Его заслуги были отмечены всевозможными премиями и наградами, в том числе международными премиями Бальцана, Вольфа. За цикл работ по теории случайных процессов А. Н. Колмогоров и А. Я. Хинчин были удостоены Государственной премии СССР, за труды по теории возмущений гамильтоновых систем (совместно с академиком В. И. Арнольдом) – Ленинской премии.

Двенадцать учеников крупнейшего ученого ХХ столетия А. Н. Колмогорова стали членами Академии наук СССР. Научную школу Колмогорова можно поставить в один ряд со школами великих физиков Резерфорда и Бора.

Умер Андрей Николаевич 20 октября 1987 года.