

Памяти А. П. Буслаева — друга, ученого и основателя научной школы математического моделирования транспортных потоков

М. В. Яшина, А. Г. Таташев

В 2023 г. исполнилось 70 лет со дня рождения Александра Павловича Буслаева, но, к глубочайшему сожалению, его жизнь оборвалась незадолго до 65. Мы работали с ним более 30 лет, буквально до его последнего дня, и после его ухода до сих пор трудно привыкнуть к такой потере. Поэтому хотим поделиться воспоминаниями о цельной, уникальной и незаурядной личности Александра Павловича.



Рис. 1. Александр Павлович Буслаев, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой высшей математики МАДИ

Александр Павлович Буслаев родился 15 июля 1953 года в деревне Ямново Горьковской области, в 20 км от г. Нижний Новгород (быв. г. Горький). В трудное для страны послевоенное

время он появился третьим в семье, после сестры-близнеца Софьи и старшего брата Ивана. Уже в школьные годы у него проявились большие способности и интерес к математике. Как рассказывал Александр Павлович, после того, как он занял призовое место в олимпиаде по математике, проводившейся для школьников выпускного класса, его пригласили поступить без конкурса в Московский физико-технический институт. Этот вуз всегда искал талантливых молодых людей в различных уголках страны. Но во время учебы в школе он стал участником знаменитой Заочной математической школы (ЗМШ), основанной знаменитым математиком И. М. Гельфандом на механико-математическом факультете МГУ. Александр Павлович получал по почте задания от ЗМШ, решал их, отсылал тетрадку с решениями в Москву и неизменно получал ответ с замечаниями и пояснениями. Во времена отсутствия других видов коммуникации и ограниченности доступа информации в условиях российской глубинки это было очень ценно. Сохранив надолго благодарность к ЗМШ за такое педагогическое искусство, Александр Павлович принял решение поступать на механико-математический факультет Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова и в 1970 г. стал студентом университета.

После окончания университета с отличием А. П. Буслаев поступил в аспирантуру мехмата МГУ и стал работать под руководством профессора В. М. Тихомирова, выдающегося математика, крупного специалиста в области теории приближений и ученика академика А. Н. Колмогорова.

В 1979 г. Александр Павлович успешно защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук на тему «Приближение оператора дифференцирования и неравенства для производных». Уже в те годы статьи Александра Павловича публиковались в ведущих математических журналах, таких как «Доклады АН СССР», «Математические заметки», «Журнал вычислительной и математической физики» и т. п.

После окончания аспирантуры Александр Павлович по распределению начал работать в Московском автомобильно-дорожном институте (МАДИ), где и проработал до конца жизни. Здесь мы оба познакомились с Александром Павловичем и начали работать в его команде.

Начав преподавательскую деятельность в должности ассистента кафедры прикладной математики МАДИ, Александр Павлович продолжал работать в научной группе проф. В. М. Тихомирова, регулярно посещая его семинары в МГУ. В результате в 1993 г. он защитил докторскую диссертацию на тему «Экстремальные задачи теории приближений и нелинейные колебания» на диссертационном совете в Математическом институте им. В. А. Стеклова.

А. П. Буслаев достиг крупных успехов, работая в различных областях теоретической математики. В частности, он исследовал стационарные точки и свойства спектр функционала Релея, а также получил новые результаты при исследовании задачи о колмогоровских и некоторых других поперечниках с помощью композиции метода Пуанкаре и теоремы Тихомирова о поперечнике шара.

Однако его научные интересы не ограничивались теоретической математикой. Он всегда подчеркивал важность приложений и стремился внести максимальный вклад в решение прикладных задач, интересовался инженерными вопросами и постоянно следил за новейшими достижениями электроники и компьютерной техники, для того чтобы создавать архитектурно-программные комплексы, реализующие теоретические идеи.

Молодого доктора наук заметил тогдашний ректор, член-корреспондент РАН В. Н. Луканин. Он был известным специалистом по двигателям внутреннего сгорания автомобильной техники и в то время исследовал проблемы энергоэкологического воздействия транспортных потоков на территорию. В середине 90-х годов В. Н. Луканин назначил Александра Павловича заведующим кафедрой высшей математики и предложил заняться вопросами естественно-научного обеспечения исследований вуза по экологическим вопросам автомобильного транспорта. Александр Павлович согласился с предложением руководства МАДИ. В итоге он собрал коллектив единомышленников, в который мы, авторы этого текста, вошли одними из первых. Александр

Павлович построил работу широким фронтом, сразу по всем направлениям научных исследований, и в теоретическом плане, и в области экспериментальных исследований.

Экспериментальные наблюдения за состоянием транспортного потока являются основой формирования научных гипотез. На рис. 2 представлены фотографии проф. Б. Д. Гриншильдса (слева), классика современной теории транспортных потоков, который в тридцатые годы прошлого века с помощью фотокамеры впервые получил и исследовал характеристики транспортных потоков. Сформулированное им понятие «фундаментальная диаграмма транспортного потока» стало основой классических методов исследования. Проф. Буслаев (справа) впервые в нашей стране предложил метод применения видеокамеры для захвата характеристик транспортных потоков в реальном времени, разработал пилотные проекты мобильных лабораторий и вырастил учеников-специалистов в этой области инженерных исследований.



Рис. 2. Экспериментальные исследования: слева — Б. Д. Гриншильдс (США, 1933), справа — А. П. Буслаев (2003 г.)

В дальнейшем основным предметом научно-исследовательского интереса стала теория автотранспортных потоков на сетях. Чл.-корр. РАН В. Н. Луканин содействовал развитию направления математического моделирования на транспорте, шуточно называя его «автомобильной математикой». Это содействие не ограничивалось организационно-техническими действиями по созданию структурного подразделения Отдела математического моделирования (ОММ) и выделения компьютерной техники. Он способствовал взаимодействию с технологическими организациями по содержанию автомобильных дорог, которые оценили инновации ОММ и заказывали нам научно-исследовательские работы по оценке характеристик транспортных потоков качества содержания дорожного покрытия на своих протяженных автомагистралях. В итоге сформировался научный коллектив под руководством Александра Павловича, состоящий из преподавателей кафедры, аспирантов и студентов. Помимо теоретических вопросов математического моделирования, А. П. Буслаев организовал работу по проблемам получения и обработке экспериментальных данных с помощью проведения видеомониторинга на магистралях, были созданы многофункциональные мобильные лаборатории сначала на базе ГАЗ 2705, потом на базе WV Transporter T5, написаны монографии, выполнены проекты, финансируемые российскими научными фондами, защищены диссертации и др. На рис. 3 Александр Павлович со студенческой бригадой готовит мобильную лабораторию «МУДРец» к полевым испытаниям и уточняет техническое задание с директором ДРСУ Ю. Д. Куприяновым. Следует отметить, что во все свои проекты он вкладывал душу, даже названия мобильных лабораторий были придуманы с доброй фантазией. Например, название мобильной лаборатории для получения реальных данных о дорожной инфраструктуре «МУДРец» расшифровывалось как «Мобильный Улично-Дорожный Рецептор».

После ухода из жизни В. Н. Луканина (2001 г.) появились некоторые трудности с новым руководством МАДИ, которое выставило новые ориентиры развития института, более технологические, вне математических инноваций. Александр Павлович глубоко переживал эти перемены,



Рис. 3. Подготовка мобильной лаборатории «МУДРец» на предприятии ФГУП ДРСУ-13 ГУП «Центавтомагистрали»

беспокоясь за судьбу коллектива, которому грозило падение набранного научного потенциала. Он переосмысливал свой путь, анализировал процессы и исторические тенденции науки и образования, здесь проявился его талант организатора и генератора научных исследований. И он нашел выход!

В эти годы (начало XXI века) Александр Павлович продолжал участвовать в научных семинарах проф. В.М. Тихомирова в МГУ. Вместе с участниками этого семинара, которые были профессорами в московских вузах, таких как МИРЭА, МАТИ, РУДН, А.П. Буслаев придумал и реализовал в 2002–2004 гг. несколько проектов по использованию современных информационных технологий в образовательном процессе. В итоге на базе МАДИ были созданы мультимедийные учебники по дифференциальному исчислению, линейной алгебре и аналитической геометрии.

Что же касается транспортных исследований, произошло следующее событие. К нам в ОММ приехала группа ученых из МФТИ, а именно академик Александр Степанович Бугаев и И. А. Лубашевский, с предложениями совместной работы в этом направлении. И. А. Лубашевский тогда только вернулся из Германии, где работал в группе немецких физиков по проблемам транспортных потоков, и рассказал о современных проблемах и достижениях европейских ученых. Эта информация послужила для Александра Павловича триггером для составления программы по организационному научно-образовательному преобразованию деятельности ОММ. Он обратился к ведущим академикам РАН — вице-президенту РАН Валерию Васильевичу Козлову (директору МИАН им. В. А. Стеклова РАН), академику Борису Николаевичу Четверушкину (директору ИПМ им. М. В. Келдыша РАН) — с просьбой поддержать идею организации научного семинара по фундаментальным естественно-научным проблемам транспорта. В итоге с 2004 г. семинар по трафику под руководством академика В.В. Козлова и его заместителей академиков Четверушкина и Бугаева работает по сей день.

Кроме того, Александр Павлович видел и глубоко переживал, что происходит старение преподавательского состава кафедры. Научные исследования по трафику открывали простор для молодых математиков для построения научной карьеры в этом новом направлении. Поэтому

проф. А. П. Буслаев решил добиваться открытия подготовки в МАДИ специалистов по специальности «Прикладная математика». При поддержке Президиума РАН (в лице вице-президента РАН академика В. В. Козлова) и других организаций — институтов РАН — Институт прикладной математики им. М. В. Келдыша (где затем была создана базовая кафедра МАДИ), Математический институт им. В. А. Стеклова РАН, Институт радиотехники и электроники имени В. А. Котельникова РАН, МФТИ, МТУСИ и др. — в 2006 году такая подготовка на кафедре «Высшая математика» была открыта. На рис. 4 показана фотография первого выпуска кафедры высшей математики в 2011 г. Здесь кроме студентов и сотрудников кафедры мы видим коллег из МГУ. Шестой справа здесь проф. А. П. Буслаев, 9-й справа — проф. Ю. А. Рябов, предыдущий заведующий кафедрой и известный небесный механик, слева — коллеги-соратники из семинара проф. В. М. Тихомирова: 3-й слева — проф. К. Ю. Осипенко, зав. кафедрой математики МАТИ, 4-й слева — сам проф. В. М. Тихомиров (МГУ), научный руководитель Александра Павловича, 10-й слева, рядом с проф. Рябовым, — проф. Г. Г. Магарил-Ильяев из МГУ. Также следует отметить 5-го слева М. Г. Городничеву и 2-го справа А. М. Ярошенко, которые в дальнейшем успешно защитили кандидатские диссертации под руководством Александра Павловича.



Рис. 4. Первый выпуск по специальности «Прикладная математика» (2011 г.)

В научные интересы А. П. Буслаева входили различные направления в области математического моделирования автотранспортных потоков. Он разработал подход к моделированию трафика, названный детерминированно-стохастическим подходом к моделированию потока. Этот подход отличается от традиционного подхода, при котором соответствующие транспортным средствам частицы движутся на неподвижной решетке (в общем случае — многополосной), тем, что средняя скорость автотранспортного потока представляется в виде суммы детерминированной составляющей, которой соответствует скорость решетки, и стохастической составляющей, которой соответствует средняя скорость частиц на решетке. Направлениями исследований, проводившихся А. П. Буслаевым и его коллективом, являются обобщение моделей с единственным типом частиц на модели с различными типами частиц, соответствующих транспортным средствам с различными скоростными характеристиками, и моделирование сегрегации (разделения) автотранспортного потока на участке многополосной магистрали перед съездом. Другим направлением моделирования, который находился в области научных интересов А. П. Буслаева, являются варианты модели «движения за лидером», в которой рассматривается движение одного транспортного средства, ведомого за другим транспортным средством — ведущим. При рассмотрении перечисленных моделей используются подходы и факты различных разделов математики, таких как дифференциальные уравнения, теория случайных процессов, теория массового обслуживания, клеточные автоматы и др.

А. П. Буслаев ввел класс динамических систем, которые были впоследствии названы сетями Буслаева. Такая сеть содержит компактные многообразия (контур) — замкнутые последовательности ячеек (в дискретном варианте) или окружности (в непрерывном варианте), имеющие общие ячейки, называемые узлами. На контурах в заданном направлении движутся частицы или кластеры. Частицы (кластеры) перемещаются по заданному правилу. В узлах возникают задержки, обусловленные тем, что частицы (кластеры) не могут проходить через узлы одновременно. Если более одной частицы подошли к узлу одновременно, то возникает конфликт (конкуренция) между этими частицами. Порядок прохождения конфликтующих частиц определяется правилом разрешения конкуренции, которое может быть детерминированным или стохастическим. Сети Буслаева могут использоваться как транспортные модели и иметь другие приложения, в том числе могут использоваться при моделировании систем связи и компьютерных сетей. При исследовании контурных сетей используются подходы и терминология теории динамических систем, теории клеточных автоматов, подходы теории вероятностей, в частности цепи Маркова, факты теории чисел и т. д. Применяются также подходы, специально разрабатываемые для исследования сетей Буслаева, в частности, используется понятие спектра сети.



Рис. 5. Открытие памятной доски проф. А. П. Буслаеву в МАДИ

Александр Павлович остается в нашей памяти как ученый, учитель, организатор, педагог, друг, добрый и отзывчивый человек. Он сформировал наш научный коллектив, создал условия для пополнения коллектива и развития его научной деятельности, подарил нам идеи, определяющие научные направления, заложил их фундамент, дал вдохновляющие примеры научного творчества. В конце 2018 г. в МАДИ открыта памятная доска профессору А. П. Буслаеву. В этом мероприятии участвовали не только сотрудники МАДИ и кафедры высшей математики, но и представители Российской академии наук и научной общественности (рис. 5) — академик А. С. Бугаев (слева) и и. о. ректора Г. В. Кустарев (справа).

Мы благодарны Математическому центру «Сириус» (SMC) за неоценимую поддержку в проведении конференции 028w: «Транспортные потоки на сетях» (TFN-2023) 24–28 апреля 2023 г., на которой успешно была проведена секция памяти профессора Александра Павловича Буслаева.