



БОГОМОЛОВ  
АНАТОЛИЙ  
МИХАЙЛОВИЧ  
1932-1994  
К 70-летию со дня рождения

## ДОНЕЦКИЙ ПЕРИОД ЖИЗНИ

Донецкий период жизни Анатолия Михайловича Богомолова неразрывно связан с организацией (1966) и становлением Донецкого вычислительного центра АН УССР (с 1970 - Институт прикладной математики и механики АН УССР). Вычислительный центр был задуман как учреждение математического профиля, объединяющее теоретические и прикладные направления исследований, и состоял из ряда теоретических математических отделов: отдел уравнений математической физики (заведующий И.И.Данилюк, чл.-корр. АН Украины), отдел уравнений в частных производных (заведующий Я.Б.Лопатинский, академик АН Украины), отдел теории функций (заведующий Г.Д.Суворов, чл.-корр. АН Украины), отдел теории вероятностей (заведующий И.И.Гохман, чл.-корр. АН Украины), отдел прикладной механики (заведующий П.В.Харламов, чл.-корр. АН Украины), отдел теории упругости (заведующий А.С.Космодамианский, академик АН Украины), а также отдел математического моделирования, отдел вычислительных методов и программирования и отдел эксплуатации ЭВМ.

В 1965 году Анатолий Михайлович был приглашен руководством Академии наук УССР в Донецк с предложением занять пост заместителя директора по научной работе и заведующего отделом вычислительных методов и программирования ДВЦ АН УССР. Перед Анатолием Михайловичем были поставлены две основные задачи:

- выбор направления работ, которые бы сочетали актуальность тематики, высокий математический уровень исследований и внедрение результатов работ в промышленность Донбасса;
- подготовка кадров, поскольку математиков-исследователей и прикладников вузы Донбасса еще не готовили.

Выбор направления научных исследований определялся всей предыдущей деятельностью Анатолия Михайловича - математическая кибернетика и ее приложения в задачах управления промышленными предприятиями. В его отделе в это время велись работы по научно-исследовательской теме «Разработка экономико-математических методов и алгоритмов решения экономико-математических задач, необходимых для создания автоматизированных систем планирования и управления промышленными предприятиями на основе применения вычислительной техники». Руководителем этой темы он и был утвержден.

С решением второй проблемы было сложнее. Анатолий Михайлович привез из Саратова группу молодых математиков, имевших опыт в проведении прикладных работ

и только начинавших проводить математические исследования. Этого было недостаточно, поэтому с первых дней А.М.Богомолов проводит активную работу по подбору и расстановке кадров и их профессиональной подготовке.

С целью создания базы математических исследований в отделе организуются учебные семинары, на которых начинают интенсивно изучаться новые в то время разделы кибернетики такие, как теория систем, линейное программирование, теория графов, теория автоматов, техническая диагностика, методы булевой алгебры, псевдобулево программирование, теоретическое и прикладное программирование и ряд других. В рамках этих семинаров приглашались для чтения лекций по своим последним научным результатам известные отечественные ученые М.А.Сливак (Саратов), В.Г.Срагович (Москва) и др. В дальнейшем часть из этих семинаров превратились в научные. Уже в 1967 году были получены оригинальные и нетривиальные результаты по теории систем, теории автоматов, формальных языков. Отдел состоялся.

В 1967 году Анатолий Михайлович начинает по совместительству работать в Донецком государственном университете сначала в должности доцента, а потом профессора. На математическом факультете он организует кафедру прикладной математики и теории систем управления, принимает активное участие в создании кафедры экономической кибернетики, которая затем переводится на экономический факультет. Сотрудники Анатолия Михайловича по вычислительному центру также активно включаются в педагогическую деятельность. Они читают ряд основных, специальных курсов, содержащих последние достижения в теоретическом и прикладном аспектах, руководят выполнением дипломных работ на математическом, физическом и экономическом факультетах Донецкого государственного университета. Лекции отличаются высоким теоретическим уровнем и пользуются большой популярностью. В результате создается мощное звено в цепи ДонГУ - ИПММ, позволившее в значительной степени решить проблему снабжения последнего квалифицированными молодыми кадрами.

Анатолий Михайлович организует и активно участвует в установлении связей с промышленными предприятиями области с целью изучения проблем, возникающих на предприятиях и требующих научного разрешения. В решении этой задачи помогали активно действовавшие в то время общества «Знание» и НТО «Приборпром». Заместителем председателя последнего был избран А.М.Богомолов. В эти общества было вовлечено большинство

сотрудников ДВЦ УССР. Руководство обществ организовало поездки с лекциями их членов по всем крупным предприятиям Донецкой и Луганской областей. Достаточно тесные связи были установлены с Донецким машиностроительным заводом им. Ленинского комсомола, Донецким металлургическим заводом им. В.И.Ленина, Донецким заводом точного машиностроения, Ждановским металлургическим заводом им. Ильича. На этих предприятиях проходили совместные семинары, на которых сотрудники ДВЦ УССР выступали с докладами о методах прикладной математики, а сотрудники заводов с докладами об организации производства, технологических процессах и проблемах, которые возникают при управлении ими.

Исследования по выше названной теме были связаны с различными аспектами разработки и внедрения автоматизированных систем управления (АСУ) промышленными предприятиями, часть работы выполнялась на основе хоздоговоров с заводами Донбасса. Основное внимание в вопросах, связанных с разработкой АСУ, было сосредоточено на трех объектах, которые изучались методами системотехники. Выбор объектов определялся потребностями промышленности Донбасса, где наиболее развиты машиностроительная и металлургическая промышленность.

Первым объектом стал завод мелкосерийного и индивидуального производства - Донецкий машиностроительный завод им. Ленинского комсомола. Исследования ориентировались на разработку и построение глобальной модели информационных управляющих потоков на промышленном предприятии, анализ которой позволил бы определить основные управляющие алгоритмы переработки информации, оценить мощность вычислительного комплекса АСУ, мощность и локализацию устройств по сбору, передаче и приему управляющей информации. В качестве одной из возможных изучалась глобальная модель информационных управляющих потоков, отражающая документо-связи и показатели связи внутри подмоделей документо-связей. Ввиду колossalного объема информации, с которой пришлось оперировать при изучении модели, возникла необходимость формализации методов анализа моделей такого типа и реализации их на электронных вычислительных машинах. Были разработаны методы анализа моделей документо-связей всего промышленного предприятия, обеспечивающие решение комплекса задач. Были разработаны алгоритмы и создана система математического обеспечения на ЭВМ «Минск-22», полностью автоматизирующая процесс анализа документооборота. Эта система была признана в научных кругах

как единственная по-настоящему функционировавшая в то время в СССР. Кроме Донецкого машиностроительного завода им. Ленинского комсомола система была внедрена в Донецком территориальном управлении материально-технического снабжения, на Ново-Краматорском машиностроительном заводе, в марте-новском цехе Ждановского металлургического завода им. Ильича и ряде других предприятий.

Вторым объектом являлся металлургический завод как система управления (на примерах Донецкого и Ждановского металлургических заводов). Основными задачами были изучение и формализация алгоритмов и критериев управления заводом в целом как единой сложной системой, оптимальное его разбиение на подсистемы, допускающие автономное изучение с целью создания автоматизированных систем управления на уровне подразделения завода (цех, участок) без существенной потери качества управления. В связи с этим были проведены исследования и анализ предприятия с полным металлургическим циклом, описаны и изучены количественно и качественно функциональные управляющие связи, материальные потоки, системы резервов, существующие структуры управления, основные показатели технологических процессов, ограничения по мощностям и ресурсам. Для более детального изучения были выбраны листопрокатное производство и участок «мартен-разливка». Для листопрокатного производства разработаны математические модели оптимального управления технологическим процессом, создана система математического обеспечения (алгоритмы и программы) оптимальным управлением листопрокатным цехом с использованием ЭВМ «Минск-22», которая и была внедрена в 1971 году на Донецком металлургическом заводе. Для участка «мартен-разливка» была разработана математическая модель управления качеством продукции и создана система математического обеспечения (алгоритмы и программы), внедренная в 1971 году на Ждановском металлургическом заводе.

Третьим объектом являлся информационно-вычислительный комплекс АСУ вместе с системами сбора, передачи и хранения управляющей информации. Здесь основное внимание обращалось на разработку методов контроля и диагностики неисправностей сложных информационных систем контроля для обеспечения высокой надежности передачи и переработки информации при управлении промышленным предприятием. В качестве основного направления исследований была выбрана алгоритмизация процессов контроля и диагностики неисправностей в сложных системах с элементами памяти. Были сформулированы основные

задачи алгоритмизации, решена задача формализации безусловных и условных контрольных и диагностических тестов для сложных систем, сформулированы и доказаны теоремы о необходимых и достаточных условиях разрешимости диагностической задачи для семейства сложных систем, описывающих неисправности.

Прикладные исследования в руководимом Анатолием Михайловичем отделе проводились в тесной взаимосвязи с теоретическими. Для описания функционирования и структуры сложных систем были предложены специальные алгебры - алгебра структурных автоматов и алгебра бинарных отношений, позволившие решить основную задачу декомпозиции систем большой размерности на ряд подсистем меньшей размерности. В алгебре структурных автоматов разрабатывались методы решения задач существования контрольных и диагностических тестов. Была обоснована гипотеза о связи методов построения тестов с классической задачей о лабиринте, и разработан на основе этой связи ряд методов, среди которых наиболее детально был развит метод периодических последовательностей. Была также построена теория вероятностных экспериментов с приложением к решению задач технической диагностики, разработаны методы и алгоритмы определения оптимального числа встроенных контрольных точек для улучшения диагностируемости структурных автоматов и сокращения длины диагностической последовательности.

Свои научные результаты Анатолий Михайлович оформил в диссертационную работу «Алгоритмизация процессов анализа, диагноза и синтеза сложных информационных систем» на соискание ученой степени доктора технических наук. Диссертация была успешно защищена в 1973 году в ИПУ АН СССР и содержала решение целого спектра задач, актуальных в то время как в теоретическом, так и прикладном аспектах. Среди этих задач разработка схем и алгоритмов автоматического диагноза и контроля методами теории автоматов, разработка алгебраических методов описания структуры, функционирования и неисправностей логических устройств с памятью, исследование существования тестов и классификация различимости неисправностей, разработка методов построения тестов для логических устройств с памятью направленным поиском и т.д. на основе использования периодических последовательностей, исследования аналогии между алгоритмами построения тестов и поиском пути в лабиринте (следует отметить, что второй всплеск интереса к проблеме поиска пути в лабиринте наступит только через 10 лет), разработка метода син-



теза комбинационных устройств и построения диагностических тестов для них на основе преобразования индуктивных графов с базой (подчеркнем, что первая международная конференция, посвященная преобразованиям графов, состоится только осенью 2002 года).

О размахе, глубине и результативности комплексных исследований, проводимых Анатолием Михайловичем и его учениками, свидетельствует ряд вышедших в те годы монографий (см. прилагаемый список), докладов на конгрессах ИФАК, международных конференциях по теоретической кибернетике и дискретной математике, технической диагностике, программированию.

Анатолий Михайлович сразу же начал устанавливать международные связи. В 1970 году во время трехмесячной командировки в США он посетил ряд университетов, где ознакомился с организацией научных исследований и подготовкой кадров, прочел ряд лекций по диагностике сложных информационных систем. Во время этой командировки он встречался с учеными, находившимися в то время «на острие науки» в области кибернетики (Дж.Хартманис, М.Месарович, А.Заде). А.М.Богомолов и его ученики принимали участие в семинарах Международного математического центра им. С.Банаха (Варшава), в ряде международных конференций в Польше, Венгрии, Чехословакии, ГДР.

По возвращению из США А.М.Богомолов всячески стимулировал в отделе исследования по теории языков и сложности вычислений, теории иерархических систем, теории нечетких множеств. Сам Анатолий Михайлович показал, как можно плодотворно использовать модели и методы последнего направления в теории автоматов. Именно в то время им были разработаны основы формального подхода для организации направленного поиска при решении проблем идентификации автоматов. Значимость этих исследований А.М.Богомолова определяется следующими факторами. Во-первых, попытки объединения в то время существовавших разрозненных методов поиска, основанных на оценивании, в единую формальную теорию столкнулись с трудностями принципиального характера (такими, как невозможность использовать локальные алгоритмы при решении ряда проблем минимизации ДНФ). Именно исследования А.М.Богомолова дали возможность выявить ряд фундаментальных проблем дискретной математики, для которых оценка эффективности использования оценочных функций до сих пор остается открытой. Во-вторых, именно введенное А.М.Богомоловым понятие вектора различимости (являющегося, по своей сути, удобным с вычислительной

точки зрения представлением упорядоченных разбиений конечного множества) дало возможность построить универсальную вероятностную меру для классификации входных слов, как частичных тестов. Роль этой меры существенно возрастает в связи с интенсивно развивающимися в последнее время двумя направлениями: генетическими алгоритмами и ДНК-вычислениями.

С 21 марта 1974 года А.М.Богомолов назначается временно исполняющим обязанности директора Института прикладной математики и механики АН УССР, а 20 марта 1975 года А.М.Богомолов общим собранием АН УССР утверждается директором Института прикладной математики и механики АН УССР. На этом посту ему приходилось более широко смотреть на место института в регионе. Сложившийся высокий уровень фундаментальных исследований в институте должен был быть подкреплен важными прикладными разработками для ключевых отраслей народного хозяйства. И у Анатолия Михайловича возникла идея о создании нового хозрасчетного подразделения при институте. В то время непосредственно при институте это сделать не удалось, но в 1977 году в СКТБ Донецкого физико-технического института АН УССР был создан отдел, работавший по совместной тематике двух институтов. Этот отдел и послужил основой для организации в дальнейшем СКТБ систем управления с опытным производством при ИПММ.

Говоря об организаторских и научных заслугах А.М.Богомолова, необходимо упомянуть о его человеческих качествах. В памяти сотрудников института он остался как очень порядочный, принципиальный, требовательный к себе и подчиненным человек. Он умел быстро и точно оценить проблемную ситуацию и указать реальные пути выхода из нее. О его доброжелательном и заботливом отношении, помощи в трудные минуты до сих пор с благодарностью вспоминают все, кому посчастливилось работать с Анатолием Михайловичем.

В 1977 году А.М.Богомолов получил неожиданное предложение возвратиться в Саратов и возглавить Саратовский университет. Начался новый этап жизни.

После отъезда А.М.Богомолова в Саратов его Донецкая школа продолжала и расширяла фундаментальные и прикладные исследования, которые организационно оформились в виде отдела теории управляющих систем (зав. отделом д.т.н. Д.В.Сперанский), лаборатории прикладных проблем дискретной математики (зав.лаб. к.ф.-м.н. И.С.Грунский), лаборатории математического моделирования и управления технологическими процессами (зав. лаб. д.т.н.

В.Н.Ткаченко) и СКТБ систем управления (директор Ю.И.Когтев).

Фундаментальные исследования проводились в нескольких направлениях. В области сложности вычислений и формальных языков А.С.Барашко показал, что существуют такие сколь угодно большие частично-рекурсивные функции, именующие классы сложности специального вида, и тем самым решил известную задачу Робертсона. В.А.Липская исследовала марковские процессы порождения языков и нашла критерий, при котором с вероятностью 1 каждая траектория порождения успешна.

В области теории конечных автоматов Д.В.Сперанский рассмотрел ряд новых вариантов автоматов без потери информации и дал их полную характеристизацию. Им, совместно с И.С.Грунским, построены алгоритмы экономного обхода по всем дугам орграфов и найдены достижимые оценки их длины.

А.С.Барашко разработал методы вероятностного компактного тестирования с помощью статистической характеристики - частоты появления в выходных последовательностях фиксированных подпоследовательностей. Им изучена статистическая эквивалентность автоматов и реализации статистических отображений конечными автоматами.

И.С.Грунский разработал основы теории представления конечных автоматов с заданной точностью относительно заданных классов неисправностей в автоматах. В.А.Козловский развил эту теорию для класса «локальных» неисправностей автомата. О.М.Копытова исследовала отличимость автоматов с помощью выходных последовательностей. Г.Г.Пономаренко - неотличимость автоматов экспериментами заданной кратности. В.М.Негурица разработал основы теории канальных неисправностей. С.Ю.Бородай и затем И.И.Максименко рассматривали эксперименты с автоматами относительно бесконечных классов неисправных автоматов, заданных финитными средствами. А.А.Курганский определил критерии разрешимости/неразрешимости задачи контроля автоматов, взаимодействующих со средой.

В.Г.Скobelев решил сформулированную А.М.Богомоловым (совместно с В.Б.Кудрявцевым) проблему исследования алгоритмов и сложности распознавания внутренних состояний конечного автомата. На основе этих результатов в настоящее время разработал основы комбинаторно-алгебраической теории идентификации дискретных систем.

В области технической диагностики цифровых устройств Ю.А.Скобцов проводил исследования многозначных алфавитов и функций и их приложений к диагностике цифровых систем (ЦС). При этом был предложен оригинальный

подход, основанный на универсальной системе многозначных алфавитов и функций. На базе этой системы разработаны многозначные модели основных операторов языков регистрационных передач типа VHDL для функционального уровня моделирования ЦС, созданы псевдобулевые модели ЦС для переключательного уровня моделирования ЦС. Разработка единой системы многозначных моделей функционального, логического и переключательного уровней позволила создать иерархическую программную систему и эффективно реализовать методы и алгоритмы моделирования и генерации тестов для современных ЦС.

В области теории управления технологическими процессами В.Н.Ткаченко разработал ряд алгоритмов, которые были внедрены в виде программных комплексов на металлургических и коксохимических заводах.

В Донецке остался крепкий коллектив учеников Анатолия Михайловича, сохранивший и по сей день научные и человеческие связи с созданным им коллективом в Саратовском университете. Проводятся совместные исследования. Уже донецкими «научными внуками» Анатолия Михайловича защищено 5 кандидатских диссертаций по математической кибернетике в Саратовском университете. И мы надеемся, что это плодотворное сотрудничество, у истоков которого стоял Анатолий Михайлович, будет продолжаться и впредь.

И.В.Скрыпник, Д.В.Сперанский,  
И.С.Грунский, Ю.И.Когтев,  
В.А.Козловский, В.Г.Скobelев,  
Ю.А.Скобцов

## СЕМНАДЦАТЬ ЛЕТ ВО ГЛАВЕ САРАТОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

В 1977 году ректором одного из старейших в России университетов - Саратовского государственного университета им. Н.Г.Чернышевского - был утвержден доктор технических наук Богомолов Анатолий Михайлович. Это стало возвращением в родной вуз бывшего студента и аспиранта физического факультета, а затем старшего преподавателя механико-математического факультета. Возвращению предшествовали одиннадцать лет работы в Институте прикладной математики и механики Академии наук УССР заместителем директора по научной работе, а с 1974 года - директором института.