

ПАМЯТИ УЧИТЕЛЯ

Л.М. Яковис (СПбГПУ)

Статья посвящена памяти выдающегося ученого в области автоматического управления А. А. Первозванского (1932 – 1999 гг.). Представлен аналитический обзор содержания ряда его монографий и показано их перспективное значение для науки и практики.

Ключевые слова: теория автоматического управления, наука, практика, оптимизация.



Дружеский шарж, нарисованный автором к 50-летию А. А. Первозванского

*Вновь нашептывают осторожные:
"Мчащийся быстро! Не запылись!"
Но разве удержаться можно,
Когда так несется жизнь!
Пыль останется - за колесом.
Мчащийся быстро — не запылится.
Только на движущихся ползком
Пыль садится.
(А. А. Первозванский)*

Вся творческая деятельность Анатолия Аркадьевича была тесно связана с кафедрой «Механика и процессы управления» Ленинградского политехнического института, где он учился, а затем работал более 40 лет. Этот прочный союз оказался счастливым и для А.А. Первозванского, и для кафедры. Здесь он стал одним из лучших учеников всемирно известного ученого-механика Анатолия Исаковича Лурье, который всерьез заинтересовался новой в то время областью науки — теорией автоматического управления и внес неоценимый вклад в теорию оптимального управления и теорию нелинейных систем. Знаменитый теоретик А. И. Лурье не стеснялся говорить, что его наука делается «инженером для инженеров», и это выражение стало смолоду девизом Анатолия Первозванского.

А.А. Первозванский — безусловно, одна из наиболее ярких фигур в отечественной науке об управлении. В 30 лет он стал доктором наук и профессором. Список публикаций А.А. Первозванского насчитывает 14 монографий, наиболее значимые из которых были переведены на английский, болгарский, венгерский и польский языки. В этом списке 232 публикации в ведущих отечественных и зарубежных журналах и трудах многочисленных международных конференций. В совокупности его публикации охватывают широчайший круг вопросов, включая теорию управления, классическую механику, исследование операций, случайные процессы и анализ данных, методы оптимизации, математическое моделирование производственных, экономических и финансовых систем.

Научные достижения А.А. Первозванского лучше всего отражают его книги. Первая из них «Случайные

процессы в нелинейных автоматических системах» увидела свет в 1962 г. Общеизвестно, что нелинейные системы более сложно анализировать, чем линейные, а системы, подверженные случайным воздействиям, труднее поддаются расчету, чем детерминированные. И то, что совсем молодой в то время ученый смело заявил о себе ставшей в дальнейшем классической монографией на столь сложную «в квадрате» тему, говорит о его недюжинном таланте. Уже в этой первой крупной работе проявились главные черты научного стиля А.А. Первозванского. В предисловии к книге написано, что «в соответствии с запросами практики, а также, вероятно, в силу личных склонностей автора основное внимание в ней уделено достаточно простым приближенным методам расчета». И далее «во всех случаях, где строгое математическое изложение является либо затруднительным, либо слишком громоздким, оно заменяется приведением простых физических соображений, основанных на аналогии или практическом опыте». А.А. Первозванский хорошо понимал, для чего написана книга и кому она адресована. «Реальные элементы систем лишь в ограниченной зоне их работы могут быть описаны линейными соотношениями. Наличие зазоров, сухого трения мешает правильной отработке малых сигналов. Ограничения, механические и энергетические, ставят предел возможностям отработки сигналов большой мощности. С другой стороны, за последнее время становится все более ясным, что основным путем улучшения динамических свойств автоматических систем является специальное введение нелинейных связей». И далее, «Только применение статистических методов, в особенности методов случайных функций, позволяет рассчитать систему так, чтобы, во-первых, она успешно боролась с помехами, а во-вторых, разумно работала не только при некоторых фиксированных полезных сигналах, но и при наличии целого спектра возможных воздействий, возникающих в реальных условиях». В книге подробно описывается применение идеи статистической линеаризации при анализе замкнутых систем. Рассматриваются условия устойчивости по отношению к случайным помехам. Исследуются экстремальные системы.

Важным в практическом плане приложениям теории случайных процессов посвящена и монография «Выявление скрытых периодичностей», написанная в 1965 г. в соавторстве с М.Г. Серебренниковым. Эта проблема возникла еще в XVIII веке в связи с запросами астрономии и геофизики, однако в последующий период главной областью приложений стало изучение вибрационных явлений в технике.

Знакомство с работами крупнейшего советского специалиста по теории и приложениям оптимального поиска А.А. Фельдбаума, а позднее — с ним лично побудило А.А. Первозванского заинтересоваться проблемами поиска. В результате исследований в 1970 г. родилась прекрасная и совершенно необычная книга «Поиск». В этом научно-популярном произведении

соединились и чудесным образом переплелись гуманитарные и математические способности Анатолия Аркадьевича. Кто-то из великих сказал, что если вы не можете понятно рассказать о своих занятиях пятилетнему ребенку, то вы сами плохо понимаете, чем занимаетесь. А.А. Первозванский был непревзойденным мастером просто рассказывать о сложном, и это его умение с большой силой проявилось в книге «Поиск», где в занимательной форме и с тонким юмором «на пальцах» изложены совсем непростые идеи основных методов поиска экстремума функций многих переменных. Автор поставил перед собой задачу построить книгу «не как рецептурный справочник, с готовыми для употребления, но неизвестно откуда взявшимися результатами, а как логичную конструкцию, вскрывающую «идейную кухню» создания новых научных концепций и, главное, их внутреннюю простоту», и это ему в полной мере удалось.

Конец шестидесятых и семидесятые годы отмечены тесным сотрудничеством А.А. Первозванского и руководимых им сотрудников с разработчиками АСУТП в различных отраслях промышленности, но больше всего в производстве цемента. Сотрудничество было тесным в самом прямом смысле слова — участники этих работ со стороны Политеха недели, а иногда и месяцы проводили на цементных заводах, изучая реальные технологические объекты и испытывая разработанные алгоритмы управления. Накопленный в это время опыт был обобщен в опубликованной в 1975 г. монографии А.А. Первозванского «Математические модели в управлении производством». В ней, по словам автора, «предпринята попытка систематического исследования задач планирования и управления производством с помощью математических методов». Книга насчитывает более 600 страниц. В ней сформированы универсальные математические модели, дающие описание производства как системы технологических операций и разделяющих их буферных емкостей. Применительно к этой системе строится теория многоуровневого управления, включающая задачи объемного, среднесрочного и оперативного планирования и управления. Указанные задачи решаются как для непрерывного, так и для дискретного типов производства. Рассматриваются детерминированные и стохастические постановки, учитывающие случайный характер разнообразных возмущающих воздействий. Различные задачи планирования и управления рассматриваются не изолированно, а под углом оптимизации единого экономического критерия. Принципиальным достижением А.А. Первозванского является соединение методов теории оптимального планирования с методами теории управления динамическими системами, которые развивались независимо друг от друга.

Ни до, ни после не было создано столь мощное производство, посвященное теории управления производственными системами. Со времени выхода, без преувеличения, выдающейся книги А.А. Перво-

званского прошло около 40 лет, но ее содержание не только не устарело, но, наоборот, приобретает все большую актуальность в связи со все возрастающим значением проблем интегрированного управления современным производством и созданием единого информационного пространства компьютерных систем. Серьезным предупреждением звучат сегодня слова автора: «требуется большое искусство и большой объем знаний для того, чтобы построить схему, достаточно четко отражающую реальность и вместе с тем позволяющую получить выводы за приемлемое время при ограниченных возможностях вычислительной техники и ограниченных возможностях обеспечения адекватной исходной информацией». И далее, «При этом недостаточно освоить несколько типовых рецептов – бездумное применение стандартизированной рецептуры способно принести экономике скорее вред, чем пользу. Поэтому в данной книге, наряду с рассмотрением большого числа разнообразных моделей и расчетных методов, значительное внимание уделяется их сравнительному критическому анализу. Хотелось бы надеяться, что представленный критический подход поможет как разработчикам математического обеспечения АСУП, так и всем, кто заинтересован в более глубоком и отчетливом понимании самих принципов управления производством, в выяснении факторов, влияющих на эффективность принимаемых решений».

Несколько позднее (1983 г.) производственная тематика нашла продолжение в книге «Элементы теории управления запасами», написанной А.А. Первозванским совместно с супругой – математиком-экономистом Т.Н. Первозванской. В то время как в монографии «Математические модели в управлении производством» проблемы управления запасами рассматриваются в связи с задачей обеспечения бесперебойной работы производственных звеньев, разделенных буферными емкостями, в более поздней книге проблема управления запасами изучается как универсальная, возникающая при любых взаимодействиях между звеньями экономической системы. Оригинальный подход к данной проблематике заключается в совершенно нетрадиционном применении для управления поставками на склады линейных законов автоматического регулирования, обычно используемых для решения задач стабилизации характеристик технических объектов. Именно этот подход позволил отказаться при анализе складских систем от далеких от действительности допущений о некоррелированности спроса и отсутствии ошибок учета запасов. В свою очередь применение известных методов теории управления многомерными линейными объектами дало возможность рассмотрения сложных многофазных систем снабжения, то есть систем, где продукт, проходя путь от поставщика к потребителю, может накапливаться на нескольких складах. Содержание и итоги этих исследований, безусловно, представляют большой интерес для складской логистики.

Основной результат, который, как оказывается, выходит далеко за рамки задач управления запасами, состоит в доказательстве возможности сведения задач оптимизации экономических показателей к задачам «стабилизационного» типа, где используется критерий минимизации взвешенной суммы дисперсий выходных переменных (в данном случае – флуктуаций запасов). Интересно отметить и другое – рассматривая вопрос расчета минимальной величины требуемого запаса на складе (а значит и выбора минимальной емкости склада) с учетом возможностей управления поставками, А.А. Первозванский и Т.Н. Первозванская вплотную подошли к новому перспективному классу задач совместной разработки технического объекта и управляющей им системы.

Будучи крупным теоретиком, А.А. Первозванский обладал уникальными способностями к обобщению, на первый взгляд, разрозненных фактов и проблем. Именно как результат таких обобщений в 1979 г. увидела свет монография «Декомпозиция, агрегирование и приближенная оптимизация». Она была написана совместно с В.В. Гайцгори – одним из любимых учеников А.А. Первозванского. В предисловии к книге говорится: «Декомпозиция и агрегирование являются основными приемами исследования сложных систем. Декомпозиция состоит в расчленении исходной задачи на ряд независимых, агрегирование – в замене какой-либо группы переменных, характеризующих состояние системы, одной переменной, именуемой агрегатом. Построению методов, реализующих такие преобразования в задачах выбора оптимальных решений, посвящено большое число работ. Однако выдвигаемое в них требование полной эквивалентности исходной и преобразованной задач, во-первых, резко ограничивает класс ситуаций, где такие преобразования вообще возможны, а во-вторых, делает процедуру преобразования сравнимой по сложности с «лобовым» решением исходной проблемы... Развитие математически строгих процедур декомпозиции и агрегирования на основе отказа от полной эквивалентности составляет главную тему данной книги. Допущение приближенного характера соответствий делает естественным использование метода малого параметра (теории возмущений) в качестве формальной базы предлагаемых процедур. Поэтому данная книга посвящена двум аспектам: во-первых, в ней последовательно строится математический аппарат метода малого параметра для различных классов оптимизационных проблем, а во-вторых, разрабатываются конкретные схемы приближенного агрегирования и декомпозиции задач». Именно эти конкретные схемы, иллюстрирующие применение общего подхода, представляют наибольший интерес для прикладной науки и практики. Речь идет о задачах синтеза приближенно оптимальных линейных регуляторов, об управлении слабоуправляемыми и слабонелинейными динамическими системами, об одно- и двух-этапных задачах планирования, а также о процедуре

скользящего планирования, о приближенной декомпозиции задачи оперативного управления динамической производственной системой. Важно отметить, что несмотря на высокую степень математизации книга может быть крайне полезна разработчикам систем управления поскольку, как и в других книгах А. А. Первозванского, здесь уделяется максимальное внимание «словесным» комментариям и конкретным примерам. Перспективное значение данной монографии состоит в том, что она научно обосновывает многие эвристические идеи, применяемые на практике, и дает общую схему применения методов теории управления для решения практических задач.

В 1986 г. была опубликована, возможно, главная и наиболее широко известная книга А. А. Первозванского «Курс теории автоматического управления», подводящая итог его многолетней научной и преподавательской работе. Вот что сказано в аннотации к этому ставшему знаменитым учебнику: «В учебном пособии рассматриваются основные разделы классической и современной теории автоматического управления: операторно-частотный подход, метод пространства состояний, оптимизация программ и законов управления с обратной связью, идентификация и адаптация. Теоретический материал представлен в тесной связи с практическими проблемами. Изложение ведется концентрически, с постоянным возрастанием уровня сложности, что обеспечивает его доступность для читателей с различным уровнем подготовки. Учебное пособие предназначено для студентов технических вузов и специалистов в области теории автоматического управления». Об огромной популярности этой книги говорит факт ее переиздания в 2010-м году. В предисловии к новому изданию ведущий ученый в области теории управления профессор Борис Теодорович Поляк пишет о книге: «Она вобрала в себя все лучшее, что было в отечественной науке об управлении к тому времени — и глубину изложения, и многообразие включенного материала, и методическое мастерство... Основные результаты сопровождаются строгими доказательствами, для чего вводится нужный математический аппарат. В то же время огромное внимание уделяется идейной стороне дела, содержательному смыслу получаемых результатов, объяснению общих законов с помощью наглядных примеров. Все эти особенности сделали «Курс теории автоматического управления» классическим учебником по данному предмету, который неоднократно использовался для чтения курсов лекций в самых разнообразных учебных заведениях. Надеюсь, что читатель нового издания получит такое же удовольствие от книги, какое получали студенты и преподаватели в течение многих лет».

В заключении к своему учебнику А. А. Первозванский пишет: «Все известные, строго установленные результаты касаются лишь узкого класса объектов (в основном статические или линейные динамические) при специально выбранных показателях качества. В то же время инженерная практика «поставляет» проблемы, не соответствующие ни одной из строгих формулировок. В отличие от математика, инженер не имеет права отказаться от решения задачи управления на том основании, что для нее отсутствуют теоретические «заготовки» или она не поддается строго обоснованному решению: он обязан «выдать» конкретную рекомендацию. При этом инженер должен четко сознавать, что любое математическое описание объекта условно. Его прогнозирующая сила зависит от той ситуации, в которой будет работать объект, а она заведомо не в полной мере известна. Все «теоремные» утверждения начинаются словами — «пусть выполнены условия», однако инженер-разработчик системы не может быть уверен, что в стоящей перед ним конкретной задаче эти условия выполнены. Как правило, приходится полагаться лишь на интуицию, вбирающую в себя опыт работы со сходными по своей природе объектами... Сказанное ни в коей мере не означает, что оптимизационный подход не имеет практической ценности: каждое полученное и формально обоснованное решение дает определенные образцы, рекомендации, которые можно испытать при создании систем управления конкретными объектами. Однако при этом, во-первых, не следует считать, что закон управления, построенный на базе того или иного «строго доказанного» результата, действительно будет хорошо работать на практике, а во-вторых, не следует считать, что закон управления, для которого нет «строго обоснования», не должен практически применяться. Сама теория управления как техническая наука не должна исключать из рассмотрения те рекомендации «изобретательского» характера, которые не обоснованы как «оптимальные» по какому-либо четко сформулированному единому критерию. Окончательные оценки инженерной работы по созданию систем управления можно поставить только на основании достаточно длительной эксплуатации системы в реальных условиях. Такая оценка редко дается по какому-либо одному сводному критерию: она включает множество показателей, каждый из которых по-своему характеризует систему». Этими мудрыми словами, которые сегодня следует рассматривать как завещание учителя будущим ученикам, можно закончить заметки о выдающемся ученом и замечательном человеке Анатолии Аркадьевиче Первозванском.

*Яковис Леонид Моисеевич — д-р техн. наук, проф. Санкт-Петербургского государственного политехнического университета.
Контактные телефоны: (812) 759-71-21, 950-49-39.
E-mail: leonid@yakovis.com*