



ПАМЯТИ АНАТОЛИЯ ИСАКОВИЧА ЛУРЬЕ

12 февраля 1980 г. скончался Анатолий Исакович Лурье — выдающийся советский ученый, член-корреспондент Академии наук СССР, доктор технических наук, профессор Ленинградского политехнического института. От нас ушел человек, жизнь и деятельность которого достойны самого глубочайшего уважения. Механика понесла тяжелую утрату...

Анатолий Исакович родился 19 июля 1901 г. в Могилеве. После окончания гимназии поступил учиться на физико-механический факультет Ленинградского политехнического института. Здесь потом работал ассистентом, заведовал кафедрой, здесь в 1939 г. ему была присуждена ученая степень доктора технических наук. С 1944 до 1977 г. Анатолий Исакович возглавлял кафедру динамики и прочности машин («Механика и процессы управления»), и даже тяжело больной оставался до последнего дня профессором и признанным руководителем созданного им коллектива в институте, которому отдал более пятидесяти лет жизни.

В 1931 г. Анатолий Исакович стал участвовать в издании научной литературы и в дальнейшем непрерывно работал в редколлегиях журналов Академии наук.

Его избрали в Президиум Национального комитета СССР по теоретической и прикладной механике и в члены Национального комитета СССР по автоматическому управлению.

С 1961 г. Анатолий Исакович Лурье — член-корреспондент Академии наук СССР.

Хотя внешние биографические факты укладываются в несколько строк, внутреннее содержание большой жизни Анатолия Исаковича Лурье определялось многообразием собственных научных исследований, работой над монографиями и учебниками, поддержкой многочисленных учеников, пристальным вниманием ко всему подлинно важному и интересному, что возникало в его любимой науке — механике.

Более чем полувековой напряженный труд дал замечательный итог. Напомним краткий обзор научных достижений А. И. Лурье¹.

Определенное место среди них занимает разработка вопросов прикладной математики. Одним из примеров может служить известная монография «Операционное исчисление в приложениях к задачам механики» (Л. — М., ОНТИ, 1938; М. — Л., Гостехиздат, 1950), которая имела большое значение для развития операторных методов решения разнообразных задач теории управления; теории колебаний и теории упругости для систем с распределенными параметрами.

Другим примером служит работа «К теории систем линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами» (Тр. Ленингр. индустр. ин-та, 1937, № 6). В ней решения уравнений движения теории упругости и гидродинамики выражены через некоторые функции (в частном случае статических уравнений теории упругости это бигармонические функции Буссинеска — Галеркина).

По-видимому, наибольшую известность имеют работы А. И. Лурье по общей механике. Уже в первом крупном труде, созданном совместно с Л. Г. Лойцянским, — «Курсе теоретической механики» (М. — Л., Гостехиздат, 1932—1933) проявилась основная особенность его творческого почерка: способность связывать классические достижения механики с потребностями современной техники. При этом энциклопедическое знание механики во всем ее историческом развитии не мешало, а скорее помогало ему отделять от формальных наслоений существо классических идей. Именно с этим связано то внимание, которое было уделено в курсе необходимости инвариантного, векторного изложения не только общих законов механики, но и конкретных задач. По обилию содержательных приложений этот курс, оказавший революционизирующее влияние на преподавание механики инженерам, до сих пор не имеет себе равных. Тот же принцип, но на более высоком теоретическом уровне был применен в фундаментальной монографии «Аналитическая механика» (М., Физматгиз, 1961; перев. на франц. яз. в 1968 г.). В ней органически связаны классические и ультрасовременные задачи, включая исследования возмущенного движения искусственных спутников. Новое изложение великих достижений Эйлера, Лагранжа, Гамильтона, Якоби, Рэля, Аппеля, Остроградского, Жуковского, Чаплыгина сопровождается многочисленными оригинальными результатами. Общие уравнения движения системы «несущее тело — носимые тела», полная теория конечных поворотов твердого тела, использование теории кинетических фокусов при вариационном подходе к решению задачи о колебаниях, понятие обобщенной диссипативной функции — все эти и многие другие вопросы представлены с такой глубиной и изяществом, что они по праву воспринимаются как естественное продолжение классического наследия.

Для Анатолия Исаковича было подлинной внутренней потребностью неустанно доказывать непреходящую практическую значимость «чистой» механики. Интенсивное использование в прикладных исследованиях последних лет по гироскопическим системам, динамике систем твердых тел и механике космического полета тех приемов исследования, которые были предложены в «Аналитической механике», доказало справедливость его точки зрения.

Перейдем к обзору тесно связанных между собой работ А. И. Лурье по теории автоматического управления, нелинейной теории колебаний и

¹ К семидесятилетию ученого в журнале «Известия АН СССР. Механика твердого тела», 1971, № 5 были опубликованы краткий очерк научной и педагогической деятельности и список трудов.

устойчивости. Интерес к исследованию систем управления возник у А. И. Лурье в связи с конкретными задачами техники. Еще в 1938 г. по поручению Ленинградского металлического завода (совместно с А. И. Чекомаревым) было выполнено исследование «Влияние гидравлического удара на процесс регулирования паровой турбины» (Литограф. изд. Бюро техн. информ. Ленингр. металл. з-да). Осуществленное в этой работе успешное применение операционного исчисления к задачам анализа систем с распределенными параметрами стало исходным пунктом создания общей методики анализа таких систем, в значительной степени разработанной его учениками. А. И. Лурье непосредственно стимулировал и алгебраические исследования Н. Г. Чеботарева, указав на связь теории квазиполиномов и теории устойчивости распределенных систем.

Подлинно мировое признание получили работы А. И. Лурье по исследованию устойчивости нелинейных систем. Отдельными задачами в этой области А. И. Лурье начал заниматься в годы Великой Отечественной войны. Тогда и были получены результаты, в которых намечалась общая идея метода. Первой публикацией стала заметка «К теории устойчивости регулируемых систем» (совм. с В. Н. Постниковым; ПММ, т. 8, вып. 3). Здесь для весьма частной задачи, описываемой системой трех уравнений первого порядка, содержащих нелинейное слагаемое, была построена функция Ляпунова, позволившая определить область параметров, в которой гарантирована асимптотическая устойчивость «в большом». Основная публикация, в которой заложенная в этой заметке идея была обобщена на широкий класс систем автоматического регулирования, содержащих один нелинейный элемент, относится к 1945 г. («Об устойчивости одного класса регулируемых систем». ПММ, 1945, т. 9, вып. 5). Здесь уже дан общий вид функций Ляпунова, предназначенных для решения подобных задач, но еще не развит аппарат преобразований уравнений теории автоматического регулирования к форме, получившей название «канонической». Это было сделано в работе «О канонической форме уравнений теории автоматического регулирования» (ПММ, 1948, т. 12, вып. 5), где предложенный способ исследования доведен до алгоритма построения некоторой системы квадратных уравнений, исследование характера корней которых дает достаточные критерии.

Несколько позже А. И. Лурье предложил способ приведения этой системы к форме «разрешающих уравнений», исследование которых для систем третьего и четвертого порядка позволило получить замкнутые коэффицициентные критерии устойчивости, подобные критериям Рауса — Гурвица для линейных задач.

В 1951 г. А. И. Лурье опубликовал монографию «Некоторые нелинейные задачи теории автоматического регулирования» (М.—Л., Гостехиздат), переведенную на немецкий и английский языки, в которой объединены, систематизированы и существенно дополнены перечисленные выше методы исследования.

О новизне и актуальности выдвинутой А. И. Лурье проблемы абсолютной устойчивости нелинейных систем управления и созданного им метода ее решения, свидетельствует и тот резонанс, который был вызван его работами в мировой научной литературе. В течение всех последних тридцати лет проблема абсолютной устойчивости оставалась одной из центральных в общей теории автоматического управления; библиография советских и иностранных работ, посвященных этому направлению, содержит сотни наименований.

Интерес к проблеме, сформулированной А. И. Лурье, еще более возрос в шестидесятые годы, когда В. М. Попову (Румыния) удалось придать условиям устойчивости более удобную для приложений частотную форму;

вместе с тем оказалось, что геометрический критерий В. М. Попова в переводе на язык формул приводит к результатам, тождественным критериям Лурье.

Итоги работ в этой области были подведены в докладах А. И. Лурье на первом Международном конгрессе ИФАК и Всесоюзном съезде по теоретической и прикладной механике¹.

В настоящее время все более ясным становится важность и другого аспекта влияния книги А. И. Лурье на развитие теории управления. Этот аспект связан с языком описания систем управления. Несмотря на глубокое понимание возможностей операторного подхода, А. И. Лурье отчетливо сознавал первичность описания на языке дифференциальных уравнений, языке переменных внутреннего состояния, адекватному общему языку математической физики. Им была выделена типовая структура систем регулирования и показана возможность чисто алгебраических приемов ее анализа. В этом смысле А. И. Лурье несомненно является одним из родоначальников современного языка описания систем в пространстве состояний.

Вместе с тем теория нелинейных систем управления обязана А. И. Лурье и решением ряда проблем ее второго важнейшего раздела — анализа периодических режимов.

В работе «Об автоколебаниях в некоторых регулируемых системах» (Автомат. и телемехан., 1947, т. 8, № 5) был дан единый метод разыскания автоколебаний той же общности и структуры, которая рассматривалась в задаче об устойчивости. Было указано построение уравнения периодов и предложен метод исследования устойчивости автоколебательных процессов, сводящийся к исследованию характера корней определяющего уравнения некоторой системы разностных линейных уравнений. В настоящее время исследованиям этого рода посвящена громадная литература, однако упомянутая работа 1947 г. была первой у нас и за рубежом, в которой эта задача была решена в общей постановке (ранее были известны лишь решения, относящиеся к системам второго порядка и к отдельным частным задачам для систем третьего порядка).

В уже упомянутой монографии «Некоторые нелинейные задачи теории автоматического регулирования» эти результаты были дополнены развитием приближенных методов анализа автоколебаний. Была продемонстрирована тесная связь метода гармонического баланса и метода Пуанкаре, впервые был в замкнутой и простой форме получен критерий устойчивости автоколебательных режимов, представляющий далеко идущее обобщение критерия Мандельштама — Папалекси для системы второго порядка.

Исследования А. И. Лурье по анализу автоколебательных режимов также получили широкое развитие в трудах других исследователей. Метод канонических уравнений нашел применение и в исследованиях по случайным воздействиям на нелинейные, в частности экстремальные, системы.

Найденный А. И. Лурье метод построения в замкнутой форме периодических движений в линейной системе при произвольном периодическом возмущении явился исходным пунктом для развития метода интегральных уравнений для анализа периодических решений и нелинейных систем.

А. И. Лурье уделил значительное внимание и теории оптимального управления. Здесь вновь проявилось его глубокое знание классических

¹ «О методах построения функций Ляпунова в теории нелинейных регулируемых систем». Тр. I Междунар. конгр. по автомат. управ. М., Изд-во АН СССР, 1960. (Совм. с Е. Н. Розенвассером.)

«Дифференциальные уравнения теории относительного движения». Тр. Всес. съезда по теорет. и прикл. механ. (Москва, 1960). Изд-во АН СССР, 1962.

исследований. Он первый обратил внимание на фундаментальную важность работ школы Дж. Блисса для современной теории оптимизации, хотя эта точка зрения становится общепризнанной только в самое последнее время. Поэтому А. И. Лурье своими работами и работами учеников стремился прежде всего к достижению конкретных результатов в рамках известного математического формализма. На этом пути им были получены прекрасные результаты по теории аналитического конструирования регуляторов и механике управляемого движения.

Итоги этих исследований были подведены в докладе¹ на четвертом Всесоюзном математическом съезде в 1961 г. и в работе «Thrust programming in a central gravitational field» (Topics in Optimization, Acad. Press, 1967), опубликованной в США.

Работы А. И. Лурье по колебаниям систем регулирования тесно связаны с его многочисленными исследованиями по теории нелинейных колебаний механических систем. Здесь надо отметить проведенное в сотрудничестве с А. И. Чекмаревым исследование «Вынужденные колебания в нелинейной системе с характеристикой, составленной из двух прямолинейных отрезков» (ПММ, 1937, т. 1, вып. 3); эта работа была одним из первых примеров применения метода Галеркина, равнозначного в первом приближении методу эквивалентной линеаризации. В 1956 г. такой же прием использовался в ряде исследований К. Клоттера (ФРГ), опирающихся на эту работу. Более общие результаты получены в статье А. И. Лурье «К задаче о вынужденных нелинейных колебаниях» (Уч. зап. ЛГУ, 1939, вып. 8, № 44).

Применение вариационных методов для решения задач теории колебаний было темой многих исследований А. И. Лурье и его учеников. Особое место в этом цикле занимает работа, представленная в 1961 г. на Международном симпозиуме по нелинейным колебаниям². В ней на примере задач синхронизации механических систем был, по существу, предложен новый подход к решению широкого класса проблем нелинейной механики. При его использовании из вариационных соотношений весьма просто строятся не только уравнения для определения параметров и условия существования периодических режимов, но и уравнения процессов установления, а также условия устойчивости.

Фундаментальной важности научные результаты были получены А. И. Лурье и в области теории упругости. В этих работах представлены основные разделы теории упругости: пространственные и контактные задачи, теория упругих оболочек, теория толстых и тонких плит, тонких стержней, плоская задача.

Результаты многолетних исследований и многочисленных публикаций А. И. Лурье по первому из перечисленных разделов объединены в монографии «Пространственные задачи теории упругости» (М., Гостехиздат, 1955).

Предложенный им в работе «К теории толстых плит» (ПММ, 1942, т. 6, вып. 2—3) и развитый в упомянутой выше монографии метод однородных решений получил дальнейшее развитие в многочисленных исследованиях других авторов.

Работы А. И. Лурье по теории упругих оболочек могут быть подразделены на два класса: исследования общих вопросов теории оболочек и ряда конкретных задач в этой области.

¹ «Задача Майера — Больца и оптимальные процессы управления». Тр. IV Всес. матем. съезда (Ленинград, 1961). М., «Наука», 1964. (Совм. с В. А. Троицким.)

² «Методы определения периодических движений в кусочно-линейных системах». Тр. Междунар. симпоз. по нелинейным колебаниям (Киев, 1961). Изд-во АН УССР, 1963. (Совм. с М. А. Айзерманом.)

Первая серия работ начата в 1937 г. Были построены основные уравнения теории оболочек на базе уравнений теории упругости трехразмерного тела; изучена точность, на которую может рассчитывать теория, основанная на применении классических кинематических и статических гипотез; получены непротиворечивые соотношения, связывающие усилия и моменты с величинами, характеризующими деформацию. Развитие исследований по теории оболочек в нашей стране в значительной мере связано с этими работами; особое распространение приобрело исследование «Общая теория упругих тонких оболочек» (ПММ, 1940, т. 4, № 2).

В этой работе дано тензорное изложение теории оболочек. Выведены соотношения упругости, известные в западной литературе под названием соотношений Лурье — Флюгге — Бирна, но первым их получил именно Лурье. Выведены функции напряжений, позволяющие тождественно удовлетворить уравнениям статики. Ныне они известны под названием функций Лурье — Гольденвейзера.

Исследования А. И. Лурье, относящиеся к отдельным задачам теории оболочек, собраны в его монографии «Статика тонкостенных упругих оболочек» (М.—Л., Гостехиздат, 1947). В ней последовательно проведено построение решений уравнений теории оболочек, точность которых соответствует точности исходных гипотез, в частности решение задач о симметрично-нагруженной оболочке вращения в достаточно обозримой форме, доступной непосредственному доведению до чисел в практике инженерных расчетов. А. И. Лурье был одним из пионеров, осуществивших пересмотр этой важной задачи теории упругости, ранее существовавшие решения которой в сложных и медленно сходящихся рядах ни в какой мере не соответствовали требованиям практики. Монография поэтому получила самое широкое распространение в конструкторских бюро машиностроительных заводов, где она стала настольным руководством инженера-расчетчика. Подробному исследованию была также подвергнута задача о произвольно нагруженной цилиндрической оболочке; упрощенные уравнения, предложенные А. И. Лурье, были использованы для решения весьма трудной задачи о концентрации напряжений в области кругового отверстия на поверхности цилиндрической оболочки. Это исследование стало исходной точкой многочисленных работ на ту же тему в советской и иностранной литературе.

В работе «Некоторые задачи об изгибе круглой пластинки» (ПММ, 1940, т. 4, вып. 1) им впервые был использован аппарат теории функций комплексной переменной для решения задач изгиба упругих пластин.

А. И. Лурье принадлежит также ряд работ, относящихся к теории изгиба стержней. Здесь можно отметить совместные с Г. Ю. Джанелидзе исследования задачи Сен-Венана для естественно скрученных стержней¹, статьи «Изгиб и устойчивость естественно скрученных прямолинейных стержней» (ПММ, 1938, т. 2, вып. 1), «О малых деформациях криволинейных стержней» (Тр. Ленингр. политехн. ин-та, 1941, № 3).

В опубликованной в 1970 г. монографии «Теория упругости» (М., «Наука») А. И. Лурье построил изложение, используя прямое тензорное исчисление, что позволило представить все результаты в исключительно прозрачной форме. Особенно ярко это проявилось при анализе проблем криволинейной теории упругости, которым уделена значительная часть книги. Хотя монография была задумана как учебник-энциклопедия, тем не менее в ней содержится много оригинальных результатов. В частности, оригинальными являются задачи для тел из полупланичного материала и исследование бифуркаций равновесия упругих тел.

¹ Соответствующие публикации см. в Докл. АН СССР, 1939, с. 24, №№ 1, 3, 4; т. 27, № 5.

Однако автор не был удовлетворен изложением и состоянием нелинейной теории упругости и продолжал интенсивную работу в этой области. В результате была написана новая монография — «Нелинейная теория упругости» (1980 г.), которую ему уже не довелось увидеть в типографском варианте. Нельзя сомневаться в том, что и последний труд А. И. Лурье получит высокую оценку специалистов.

По сравнению с «Теорией упругости» здесь много нового: существенно расширен класс возможных материалов, изучены возможные формы определяющих уравнений, анализируются определяющие уравнения, предложенные различными авторами. Подробно излагаются дополнительные неравенства в теории упругости, сужающие класс допустимых к рассмотрению определяющих уравнений.

Создание последней книги было подлинным подвигом во имя науки. Неизлечимо больной, испытывающий тяжкие страдания Анатолий Исакович отдал все силы для того чтобы закончить работу. По его собственному выражению — он сделал все, что мог. И читатель не найдет в этой книге ни малейшего следа небрежности и поспешности. Анатолий Исакович с удивительным упорством и уважением к другим исследователям анализировал все новейшие достижения в этой тонкой и интенсивно развивающейся области механики. Последняя книга А. И. Лурье, как и все предшествующие, подобно совершенной оптической системе конденсирует в четкий и ясный образ классические и современные представления.

Все его труды проникнуты заботой о читателе, который найдет в них кратчайший путь к самым новым достижениям современной механики.

Вместе с тем, подводя итоги творчества Анатолия Исаковича Лурье, было бы несправедливо ограничиться только обзором опубликованных работ. Неоценимым было его непосредственное личное влияние на развитие механики.

Анатолий Исакович был безмерно влюблен в механику, состояние дел в механике было глубоко его личным делом. Он искренне радовался каждому свежему, оригинальному исследованию, кем бы оно ни было выполнено — студентом или академиком, его близким учеником или человеком, которого ему никогда не удалось увидеть.

Неутомимый и страстный в исканиях, бескомпромиссный в борьбе с любыми проявлениями непорядочности, Анатолий Исакович занимал особое место в научном мире. Прекрасно сказал об этом его выдающийся ученик, академик В. В. Новожилов: «А. И. Лурье принадлежал и будет принадлежать к числу ученых, высшим званием которых являются их имена».

Редкое сочетание научного и человеческого таланта позволило А. И. Лурье стать центром формирования того значительного научного коллектива, который принято именовать его школой и который он с гордостью называл наибольшим достижением своей жизни. В ней бывшие студенты и аспиранты, сотрудники возглавлявшейся им кафедры, участники руководимых им семинаров, специалисты многих институтов и предприятий, учившиеся по его книгам и имевшие счастье пользоваться его советами. Среди учеников — академики и члены-корреспонденты, доктора и кандидаты наук, их студенты и их аспиранты. Эта школа никогда не работала по предписанной учителем программе, и, пожалуй, больше ценил Анатолий Исакович учеников, выбравших свои собственные пути, а не шедших по проторенным им дорогам. Школу объединяло и объединяет безмерное уважение к учителю, а Анатолий Исакович был Учителем с большой буквы, школу объединяло и объединяет то чувство внутренней требовательности и уважения к другим исследователям, истинным образом которого он был. Творческую атмосферу, сложившуюся вокруг Анатолия Исаковича, лучше всего передают его собственные слова: «Это окружение

и возникающие во все растущем числе инженерные задачи дали направление моей деятельности. Обобщения приходили в результате работы над частными прикладными вопросами. Для этого хватало предшествующего образования и накапливаемого опыта... Твердо убежден, что решения даже и прикладных задач следует оценивать не только по их полезности, но и по трудно формулируемым критериям математической эстетики (постановка задачи, процесс решения ее)».

Было бы несправедливо к памяти Анатолия Исаковича Лурье представлять его и его школу как чисто научный и педагогический коллектив.

Им проведено огромное число прикладных исследований непосредственно по заказам промышленности. Это были работы по управлению судами, самолетами и космическими объектами, работы по виброиспытаниям, измерению и анализу вибрационного состояния, работы по расчету конструкций — от оболочек-перекрытий до гигантского телескопа и термоядерных установок.

Исключительно тесной была связь с задачами энергетики: расчеты напряженного состояния турбин и генераторов, камер и корпусов, динамики фундаментов, исследования систем управления — без них вряд ли был бы достигнут высокий уровень отечественного энергомашиностроения.

И все-таки стоит отметить, что главное влияние на развитие отечественной научно-технической мысли А. И. Лурье оказал именно своими теоретическими трудами. Он писал свои книги «как инженер и для инженеров». Глубина, ясность и законченность изложения, тесная связь с реальными проблемами сделали эти книги незаменимыми помощниками исследователей.

Книги надолго переживут своего автора, сохраняя в себе биение его мысли, передавая людям благородную радость познания.