

Введение
в термодинамику сложных систем

Принципы и некоторые приложения
изложенные В.Н.Покровским

Июнь 2010

Предисловие

Будучи заведующим кафедрой прикладной математики и размышляя о содержании курсов обучения студентов, которых мы готовили как прикладных математиков, я пришел к убеждению, что студенты должны иметь представление о том богатстве идей и способов описания реальности с помощью математики, которое было накоплено за многие столетия в различных областях физики, химии, биологии, социологии и прочих наук. После некоторых размышлений я пришел к выводу, что это должен быть курс "Методы математического моделирования", который я своею властью ввел немедленно как спецкурс, и читал в течение многих лет студентам Алтайского Государственного Политехнического Института, а затем и студентам Московского Экономико-Статистического Института.

На первой лекции я задавал студентам риторический вопрос: умеете ли вы говорить? Ответ был очевиден. Я продолжал: существуют ли правила, по которым вы разговариваете? Очевидно, правильная речь строится по некоторым правилам. Знаете ли вы правила, по которым вы разговариваете? Ответ на этот вопрос был менее определённый: вроде бы все знают правила, но никто не берётся их сформулировать. Подобная ситуация и с математическим моделированием. Те, кто занимаются математическим моделированием в различных областях, не руководствуются какими-либо явно сформулированными правилами, они научились этому делу, также как и говорить, по подражанию. И потому лучший способ познакомить с методами математического моделирования – рассмотреть конкретные образцы применения математического моделирования. Этим и определилось содержание курса, который содержал выборочные классические образцы из физики, химии, биологии, социологии и прочих наук. На лекциях в Московском Экономико-Статистическом Институте я, естественно, уделял много внимания математическому моделированию народного хозяйства. В лучшие годы курс продолжался в течение двух семестров.

В 1986 году на Всесоюзной школе-семинаре "Математическое моделирование в науке и технике" в Перми я показал программу

курса Александру Андреевичу Самарскому. Сидя в президиуме заседания, он пролистал программу, и в перерыве вернул мне со словами: "Будете издавать, напишу отзыв". Позже я имел возможность показать программу Никите Николаевичу Моисееву, и он сказал "Если хотите издать, я помогу". Однако от программы до печатного текста – огромное расстояние даже при наличии лекционных заметок, и – увы! – теперь я уже не могу обратиться к кому-либо из них за советом.

Чтобы изложить содержание курса последовательно, нужно было уяснить для себя много вопросов, и с этим связаны мои экскурсии в термодинамику и в учение о народном хозяйстве. При работе над текстом хотелось бы использовать единообразный методологический подход к многочисленным моделям и теориям, будь то физика или экономика. Однако, если в физике, химии, биологии математическая модель представляет теорию, то есть само знание, то в науках о народном хозяйстве я столкнулся со странным разделением: некоторые считают, что существует экономика, как знание об объекте, и отдельно существуют математические модели, как моделирование знания об объекте. Я пришёл к убеждению, что наука о народном хозяйстве должна формулироваться по подобию естественных наук как экодинамика. Впрочем, как я узнал в последующем, того же мнения придерживаются многие, может быть, большинство исследователей.

Итак, содержание книги – зыбкий переход от непосредственно воспринимаемой реальности к математическим моделям, описывающих эту реальность. Полный курс математического моделирования был бы огромен и необъятен как по методам исследования, так и по полученным результатам. Никакая книга такого рода не может быть исчерпывающей. В этом издании я ограничился обсуждением макроскопических явлений, и потому вместо первоначального намерения придать книге название "Высокое искусство математического моделирования" я использовал скромное название "Введение в термодинамику сложных систем", соответствующее рассматриваемым методам.

В первой главе определяются фундаментальные понятия и формулируются основные принципы неравновесной термодинамики, как универсальной основы описания больших систем, с которыми нам приходится встречаться в реальности. Термодинамика представляет собой метод феноменологического описания поведения макроскопических тел,

который применим к любой системе как бы сложна и велика она ни была. В основе рассмотрения лежат термодинамические принципы со своей собственной системой понятий и аксиом. Поскольку различные авторы по разному формулируют принципы неравновесной термодинамики, то мне пришлось выбирать, и я остановился, как я думаю, на наиболее последовательной формулировке принципов термодинамики необратимых процессов. Разумеется, здесь я имею в виду принципы, формулируемые независимо от принципов статистической физики.

Далее обсуждаются избранные проблемы, относящиеся к различным дисциплинам, но особое внимание обращается на обсуждение актуальных проблем, относящихся к описанию динамики человеческого общества. По-видимому, каждый исследователь социально-экономических процессов чувствует, что термодинамика имеет какое-то отношение к экономике – или как метод, который может быть полезен при описании, или же при непосредственном приложении к производственным, экономическим процессам. Поискковая система Google в ответ на запрос "thermodynamics and economics" даёт ссылки на сотни, может быть, тысячи работ. Некоторые из них, на первый взгляд, действительно интересны. Некоторые – забавны. Однако само изобилие ответов свидетельствует о том, что проблема остаётся открытой. В применении к описанию очень сложных систем – популяций биологических особей и, особенно, популяции человека с особенными подсистемами: народным хозяйством, денежной системой, наукой и т.д. термодинамика может дать ответ на вопрос, чего не может быть (что, впрочем, совершенно не тривиально), но не отвечает на вопрос, что же всё-таки происходит. Ответ на последний вопрос должны дать исследователи конкретных систем. При описании сложных систем возникают новые переменные; последние с термодинамической точки зрения являются внутренними переменными, ответственными за динамику системы.

Конечно, не следует принимать эту книгу за учебник термодинамики или какой-либо другой конкретной дисциплины. Эта книга является введением в метод феноменологического описания, метод, используемый во всех областях знаний. По крайней мере, автор не знает исключений, и потому следует воспринимать эту книгу именно как введение, позволяющее познакомиться с некоторыми совершенными образцами научного творчества. Для того, чтобы быть специалистом в конкретной

области, этого мало, нужно обращаться к специальной литературе и затратить немало усилий.

Книга предназначена, прежде всего, студентам прикладной математики, но может оказаться полезной и студентам других специальностей. Я думаю, что в какой-то части даже школьники и любопытствующие могут использовать книгу для самообразования. Предполагается, что читатель книги, также как любой студент прикладной математики, имеет достаточное знание чистой математики (например, в объёме книги Я.Б. Зельдовича и А.Д. Мышкиса "Элементы прикладной математики"), так что я не беспокоился здесь о том, чтобы объяснять правила математики.

В.Н. Покровский

Москва, июнь 2010