

УДК 621.865.8; 382.049.77 (075.8)

Е. Д. Теряев¹, член-корр. РАН, проф.,
Н. Б. Филимонов², канд. техн. наук, доц.,
К. В. Петрин¹, зав. лаб.,

¹ ИМАШ им. акад. А. А. Благонравова РАН,

² МГУПИ, Москва,

e-mail: mech@novtex.ru

Мехатроника как компьютерная парадигма развития технической кибернетики

Анализируются современные трактовки понятия и эволюция представлений о предметной области мехатроники. Показано, что мехатронику целесообразно рассматривать как компьютерную парадигму развития технической кибернетики.

Ключевые слова: мехатроника, понятие и предметная область, парадигмы в науке, эволюция кибернетики, информатика, техническая кибернетика.

"Новая наука в своем развитии как бы проходит три стадии: романтического увлечения, отрезвления и практического применения и затем нового увлечения, но уже основанного на базе реального понимания предмета и путей его развития".

В. Д. Пекелис

Кибернетика:

Неограниченные возможности
и возможные ограничения.

Перспективы развития.

Мехатроника и научно-технический прогресс

Научно-технический прогресс породил техносферу — совокупность созданных человечеством технических средств для обеспечения жизнедеятельности людей на планете. Согласно существующим прогнозам, в ближайшем будущем наряду с информатикой и биоинженерией революционизирующее влияние на развитие техносферы окажет мехатроника [1], представляющая собой область научно-технического знания и инженерной деятельности, интегрирующая механику, электронику, автоматику и информатику в целях совершенствования существующего и создания нового поколения техники и технологий.

Несмотря на то, что мехатроника является одной из самых молодых областей технической науки XX века, можно констатировать, что уже в настоящее время происходит мехатронизация техносферы [1, 2], связанная с решительным поворотом развития производственной и бытовой техносферы в направлении все более широкого внедрения мехатронных средств автоматизации. Дело в том, что основным содержанием развития человечества на современном этапе считается переход от индустриального к информационному обществу, в котором определяющая роль принадлежит информационным технологиям. Однако следует признать, что информационные технологии, являясь катализатором развития и прогресса, представляют собой лишь оболочку, которая при решении конкретных практических задач приобретает предметное наполнение. В последнее десятилетие в инженерной практике в качестве такого предметного наполнителя все чаще выступают мехатронные системы и технологии, которые призваны определить облик техносферы XXI века.

За время своего сравнительно непродолжительного существования мехатроника проникла во все сферы человеческой деятельности. В промышленно развитых странах она является приоритетным направлением развития науки и техники, определяющим уровень производства, конкурентоспособность продукции, качество жизни, обороноспособность и безопасность государства. Мехатроника демонстрирует яркий пример впечатляющих итогов междисциплинарного взаимодействия, причем наибольшее применение достижения мехатроники находят в таких отраслях машино- и приборостроения, как станко- и автомобилестроение, робототехника и вычислительная техника, а также авиакосмическая, медицинская, офисная и бытовая техника.

Как для любой фундаментальной естественной науки, для мехатроники характерно проявление всех трех, тесно переплетенных, этапов ее развития: классического, неклассического и постнеклассического [3]. Здесь имеется в виду, что классическая наука сначала в результате третьей научной революции, связанной со становлением неклассического естествознания, приобрела "неклассический характер", а затем в результате четвертой научной

революции, связанной с переходом от механических и электрических к микроэлектронным средствам обработки информации, приобрела "постнеклассический характер". На современном постнеклассическом этапе развития мехатроники возникла настоятельная необходимость осмысления ее места в системе научных и технических знаний.

Действительно, мехатроника находится в стадии активного развития: проводятся конференции и совещания по актуальным проблемам мехатроники, устраиваются выставки и презентации новых образцов мехатронной техники, успешно функционируют производственные и инновационные организации мехатронного профиля, ведется подготовка специалистов и защищаются диссертации по мехатронике, издается соответствующая монографическая и учебная литература. Однако, несмотря на широкое признание, дискуссионными остаются многие философские и научно-методические аспекты мехатроники. В литературе высказываются весьма различные и часто противоречивые точки зрения не только на содержание ее базовых понятий, но и на внутренние границы ее применимости. Общепринятого определения мехатроники, равно как и общепринятого представления о ее предмете до сих пор нет. В настоящей статье, отражающей позицию единственного отечественного периодического издания в области мехатроники — журнала "Мехатроника, автоматизация, управление", следующий номер которого является юбилейным (сотым), обсуждаются как современные трактовки понятия мехатроники, так и эволюция взглядов на ее предметную область.

Парадигмальный анализ развития науки

Одним из универсальных гносеологических инструментов раскрытия механизма эволюции науки (анализа движения научного знания) является *парадигмальный подход*, основанный на модели развития науки Куна (Т. S. Kuhn) [4], ядро которой составляет система четырех взаимосвязанных понятий: "парадигма", "научное сообщество", "нормальная наука" и "научная революция". Центральным в данной модели является понятие парадигмы, имеющее глубокие корни, введенное в научный обиход Бергманом (G. Bergman) и получившее статус научной категории благодаря знаменитой работе Куна [5].

В современной интерпретации термин "*парадигма*" [от др.-греч. *paradeigma* — образец] означает некоторую *систему общепринятых взглядов, признанных научным сообществом в рамках устоявшейся научной традиции в определенный период времени*. Па-

радигма определяет этап экстенсивного развития знания любой науки, причем в *эпистемическом плане* она характеризуется совокупностью фундаментальных знаний, ценностей, убеждений и технических приемов, выступающих в качестве образца научной деятельности, а в *социальном плане* она характеризуется разделяющим ее научным сообществом, целостность и границы которого она определяет. Таким образом, парадигма конституирует науку, объединяет сообщество ученых на основе единого стиля мышления. Следует заметить, что в настоящее время сфера применения и смысл понятия "парадигма" существенно расширились, и чаще всего оно используется как синоним мировоззрения и картины мира.

Согласно куновской модели, любой науке присущ принцип парадигмального развития, при котором основные состояния науки соответствуют одной из трех циклически сменяющихся генетических фаз: допарадигмальной, парадигмальной и межпарадигмальной.

Допарадигмальная фаза предшествует установлению парадигмы и характеризуется отсутствием науки как таковой. В этот так называемый *начальный период* развития науки ее предмет не отделен от других дисциплин, в ней царит концептуальный хаос и конкуренция большого числа расходящихся воззрений.

Парадигмальная фаза начинается с появления и признания научным сообществом доминирующей парадигмы. В этот так называемый *нормальный период* развития науки парадигма принимается, ассимилируется и становится мощным катализатором научного прогресса, выполняя, с одной стороны, проектно-программирующую, а с другой стороны — селективно-запретительную функции.

Межпарадигмальная фаза начинается с открытия в науке "аномалий" (проблем, неразрешимых в рамках принятой парадигмы), "взрывающих" изнутри текущую парадигму и порождающих новые, альтернативные парадигмы. В этот так называемый *революционный период* развития науки наступает кризис в виде конфликта новых парадигм, который разрешается победой одной из них — лидирующей, "доминантной" парадигмы.

Итак, установление парадигмы является признаком "нормальности", т. е. зрелости любой науки, причем ее развитие происходит не по принципу аккумуляции (последовательного наращивания) знаний путем присоединения новых к уже имеющимся, а по принципу смены господствующих парадигм, т. е. чередования периодов нормального и революционного состояний науки. При этом научную революцию следует рассматривать не как ка-

тастрофический процесс, периодически нарушающий нормальное развитие науки и имеющий разрушительный характер, а как созидательный процесс, связанный с интеллектуальным прорывом и значительным обновлением научных знаний.

При формулировке научной парадигмы, призванной дать полное, непротиворечивое представление о состоянии науки, часто приходится использовать язык аналогий — *метафор*, т. е. иносказаний, отражающих образные выражения понятий в переносном смысле для большей их индивидуализации, где перенос значения основан на сходстве или контрасте. Поскольку смена парадигмы связана с изменением как самого облика науки, так и его предметной области, то возникают следующие естественные вопросы: какой генетической фазе соответствует современное состояние мехатроники, каковы ее парадигмальная метафора и соответствующая предметная область?

Определения неологизма "мехатроника"

Термин "*мехатроника*" (mechatronics) введен в 1969 г. инженером Мори (Т. Mori) японской машиностроительной фирмы применительно к механическим системам с электронным управлением как неологизм, образованный слиянием слов "МЕХАНИКА" и "ЭЛЕКТРОНИКА" и означающий интеграцию знаний в соответствующих областях науки и техники, призванную обеспечить получение качественно новых свойств машин. Здесь под машиной понимается система, осуществляющая механическое движение в целях преобразования энергии, материалов и информации, необходимого для выполнения рабочего процесса.

Зарождение мехатроники как области научно-технического знания и инженерной деятельности приходится на середину 1980-х годов. Оно явилось ответом на запросы практики и связано со второй электронной революцией [6]: появление и резкий подъем производства микропроцессоров и больших интегральных схем существенно расширили возможности электронных устройств управления и позволили при малых габаритных размерах и высокой надежности придать им такие новые свойства, как функциональная гибкость и перестраиваемость в соответствии с требованиями к управляемому механическому процессу.

Следует констатировать, что до сих пор не сформирована научно обоснованная базовая терминология мехатроники, и на сегодняшний день общепринятого однозначного ее определения не существует [7—9]. Кстати, в первой монографии по мехатронике [6] не дано ее определение, а лишь

подчеркивается, что "одной из ключевых проблем мехатроники является управление механическим движением с помощью компьютера".

В *отечественной литературе* в качестве "рабочего" используется следующее определение, сформулированное в Государственном образовательном стандарте РФ по направлению "Мехатроника и робототехника": "Мехатроника — это область науки и техники, основанная на синергетическом объединении узлов точной механики с электронными, электротехническими и компьютерными компонентами, обеспечивающая проектирование и производство качественно новых модулей, систем, машин и систем с интеллектуальным управлением их функциональными движениями".

В *зарубежной литературе* доминирует следующее определение, приведенное в знаменитой Оксфордской энциклопедии: "Мехатроника — японский термин для описания технологий, возникающих на стыке электротехники, машиностроения и программного обеспечения. Включает проектирование, производство и изучает функционирование машин с "разумным" поведением, т. е. действующих по заданной программе, их связи с другими материалами (искусственный интеллект, измерительное оборудование, системы управления)".

Следует заметить, что в отечественной и справочной литературе термин "мехатроника" появился лишь в 2000 г. (в энциклопедии "Машиностроение" [10] и словаре "Механика машин" [11]).

Очевидно, что приведенные определения не отвечают основным критериям научно-технических терминов: однозначности, точности, четкости и краткости. Так, например, первое определение не отражает двуединую научно-техническую целостность мехатроники: оно рассматривает лишь ее технико-технологическую направленность и не учитывает ее естественно-научную направленность, связанную с производством новых знаний и реализацией объяснительной функции. Безусловно, что техническая наука, призванная обслуживать технику и технологии, является, прежде всего, наукой.

Поскольку никакие определения мехатроники не могут быть канонизированы, приведем без комментариев еще ряд ее определений, наиболее часто употребляемых в зарубежной литературе:

- область науки, которая сочетает основы механических, электронных и компьютерных инженерных наук;
- смешивание механических, электронных, программных и управленческих технических решений в объединенной структуре;

- идеология пространственного и временного интегрирования функций в инженерных устройствах и технологических процессах;
- синергетическое сочетание точной механики, электронных систем управления и информационных технологий для проектирования, производства и эксплуатации интеллектуальных автоматических систем;
- междисциплинарная инженерная область, связанная с проектированием изделий, функции которых основаны на интеграции механических и электронных компонентов, координируемых системой управления;
- философия проектирования, которая использует синергетическую интеграцию механики, электроники и компьютерных технологий для производства качественно новых изделий, процессов и систем.

С методологической точки зрения важно иметь в виду, что определение любой науки всегда ограничено и не может вобрать в себя всего богатства даже основных ее черт, что связано с многогранностью ее функций, возможностей, форм и методов. В связи с этим выдвижение различных вариантов определения позволяет глубже и с разных сторон осветить задачи науки, более полно осмыслить ее место в системе научного знания. И все же следует согласиться с высказыванием Б. Н. Петрова о том, что наличие многих определений — результат отсутствия "не только единого, а хотя бы более или менее определенного мнения о предмете науки".

Эволюция взглядов на предметную область мехатроники

Классическая механическая парадигма мехатроники. Анализ существующих многочисленных толкований термина "мехатроника", тесно связанного с его исходной японской этимологией (см., например, [12, 13]), позволяет заключить, что в отечественной литературе наиболее удачной является ее трактовка как "науки о механических, энергетических и информационных процессах и их функциональном взаимодействии в машинах с микропроцессорным управлением", а в зарубежной литературе — как "объединение механических и электронных компонентов, скоординированных архитектурой управления".

Несмотря на имеющиеся расхождения во взглядах на мехатронику и многочисленные ее определения, можно выделить следующие ключевые положения сформировавшейся к концу XX века ее *механической парадигмы*:

- ♦ *мехатроника* — область науки и техники, лежащая на стыке *механики*, микроэлектроники, информатики и автоматике;
- ♦ *мехатронная система* — целесообразное сочетание *механических устройств* и электронно-вычислительных средств контроля и управления, образующих определенную информационно-управляемую целостность;
- ♦ *предмет мехатроники* — компьютерное управление *механическим движением*.

Расширение механической парадигмы мехатроники. Любая научная парадигма является динамичной, постоянно развивающейся, причем в своем применении она варьируется, обогащается и уточняется. Исходная механическая парадигма мехатроники выделяет широкий класс систем автоматизации, основанных на "электронизации" механических процессов, т. е. электромеханических систем, в которых на электронику возлагается функция формирования алгоритма управления, прежде выполняемая механикой (в классическом центробежном регуляторе Уатта вращающиеся шары объединяют в себе функции измерения, вычисления и исполнения действий). Однако феноменальный прогресс в области вычислительной техники привел к переходу от электронной к программной среде формирования алгоритма управления. В результате алгоритмическая реализация процесса управления в немехатронных и в классических мехатронных системах осуществляется соответственно на "*механической*" и "*электронной*" основах, а в современных мехатронных системах — на "*программной*" основе.

Учитывая дальнейшую эволюцию среды формирования управляющих алгоритмов, Ослендер (D. M. Auslander), Риджли (J. R. Ridgely) и Рингенберг (J. D. Ringgenberg) в работе, посвященной проектированию управляющих программ механическими системами в реальном масштабе времени, предложили [14, с. 10] рассматривать мехатронику как "*средство принятия решений по управлению функционированием физических систем*". Очевидно, что данное толкование существенно расширяет предметную область мехатроники и обеспечивает ее инвариантность к материальной основе алгоритмической реализации процесса управления.

Поскольку перевод любой управляемой физической системы в целевое состояние всегда сопровождается определенным изменением энергии, то мехатронику можно рассматривать как "*компьютерное управление передачей физической энергии в управляемых технических системах*" [2, 15]. Здесь энергия — это общая количественная мера движения и взаимодействия всех видов материи, которая в зависи-

мости от вида физических процессов может быть механической, тепловой, электромагнитной, ядерной, гравитационной и др. Данное понятие энергии является наиболее емким, связывающим воедино все явления природы, причем передача энергии в системе может осуществляться в форме работы, либо в форме теплообмена.

Приведенная физическая трактовка мехатроники согласуется с принципиальной особенностью исполнительных механизмов микромехатронных систем [16]: данные механизмы *a priori* являются не преобразователями каких-либо механических передач или движений, а преобразователями вида энергии (как правило, электрической и тепловой в механическую). Данная трактовка мехатроники включает как частные случаи известные варианты ее конкретизации и, прежде всего, ее исходную механическую трактовку, поскольку механическое движение, т. е. изменение со временем взаимного расположения тел (или их частей) в пространстве, является одной из самых простых форм движения. Так, например, термин "мехатроника" в расширенной физической трактовке включает как частные случаи термин "кибернетическая механика", предложенный В. Ю. Тертичным-Даури [17] для класса задач управления лагранжевыми системами, а также термин "кибернетическая физика", предложенный А. Л. Фрадковым [18] для класса задач управления физическими системами (управление плазмой, лазерами, пучками частиц и т. п.).

Современная концепция предметной области мехатроники. Как известно, предмет (предметная область) науки — это те стороны, связи и отношения объекта, которые изучаются данной наукой. Обратимся к современному взгляду на предмет мехатроники.

Анализируя достижения в области совершенствования существующих и создания новых мехатронных средств автоматизации путем "электронизации" процессов управления, можно констатировать, что *происходит расширение классической механической парадигмы мехатроники, связанное с переходом от компьютерного управления механическими процессами к компьютерному управлению физическими процессами*. Такое расширение отражает эволюцию взаимосвязей различных форм движущейся материи — переход от наиболее простых, механических, к более сложным, физическим, формам движения.

Семантический анализ существующих определений мехатроники с учетом результатов анализа эволюции представлений о ее предметной области позволяет на данном этапе подвести некоторую черту и сформулировать следующие самостоятель-

ные перспективные направления в науке, технике и образовании [15, 19]:

Мехатроника — это:

- ◆ *наука о компьютерном управлении в технических системах;*
- ◆ *область техники, связанная с разработкой, созданием и использованием технических систем, содержащих механические, электронные и компьютерные компоненты, объединенные информационным процессом для достижения цели управления;*
- ◆ *научно-техническая дисциплина, изучающая общие закономерности, принципы, методы и средства компьютерного управления в технических системах на основе современных компьютерных технологий.*

При этом в мехатронике естественно выделять два основных сегмента: *теоретическую мехатронику* — область, связанную с изучением ее теоретических основ, и *прикладную мехатронику* — область, связанную с разработкой ее технических средств и методов их применения.

Обратимся к куновской модели развития науки и отметим, что мехатроника на современном этапе принимает черты полноправной, зрелой науки: ее состояние соответствует парадигмальной генетической фазе. Для данного "нормального периода" характерен эволюционный процесс развития науки, связанный с "экспансией" в новые области реального мира и вовлечением в сферу исследований новых, более сложных явлений, известный в науковедении как "нормализация" [4]. Процессу нормализации мехатроники присущи черты кумулятивности и некоторого консерватизма, при котором последовательное накопление знаний основано на общепризнанной механической парадигме и связано в основном с рационализацией, т. е. расширением и уточнением новых областей применения данной парадигмы в терминах ее концептуального и инструментального аппарата.

Наконец, подчеркнем философское значение современного постнеклассического этапа развития мехатроники. Центральной философской проблемой любой науки является ее предмет, под которым понимается изучаемый фрагмент действительности, а точнее — форма движения материи. Значение мехатроники для философского осмысления действительности заключается в том, что она призвана изучать свою, особую — *технологическую* (по терминологии В. П. Каширина) *форму движения материи*, представляющую собой совокупность процессов целенаправленного изменения различных форм вещества, энергии и информации, протекающих в технических системах [20].

Необычная "биография" прародительницы мехатроники. Анализ генезиса, т. е. возникновения и становления того или иного научного направления, является необходимым этапом оценки его современного состояния и прогнозируемого развития. В литературе долгое время отвергалась самостоятельность мехатроники и ее часто относили к той или иной области науки и техники: в Германии — к теории машин и механизмов, в Англии — к информационно-измерительной технике, в России — к механике. В последние годы пришло ясное понимание генезиса мехатроники [15, 19]: важнейшим компонентом, определяющим зарождение мехатроники, является *научно-технический комплекс "кибернетика и информатика"*.

Одним из великих событий, знаменующих прошлое столетие, явилось рождение *кибернетики* — *особой отрасли научного знания междисциплинарного характера, призванной изучать процессы управления и обработки информации в системах любой природы*. Кибернетика, во-первых, выдвинула две основополагающие идеи: о едином подходе к различным процессам управления и об информации как одной из важнейших характеристик материи, и, во-вторых, провозгласила информационно-управленческую взаимосвязь в качестве фундаментального свойства всех явлений материального мира. Универсальный характер двух феноменов — информации и управления — явился причиной небывалой экспансии кибернетической методологии в весьма различные по природе изучаемых объектов области знаний.

История кибернетики — одна из самых драматических и в то же время славных страниц истории отечественной науки [21]. Сначала появление кибернетики почти никто не заметил, а затем она была встречена настороженно и даже враждебно как "реакционная лженаука", поскольку ее ключевые идеи оказались в обрамлении метафизических и идеалистических извращений и даже идеологических выпадов. Однако уже к 1960-м годам в СССР кибернетика завоевывает всеобщее признание и становится ключевым символом научно-технического прогресса. Началась эпоха "глобальной кибернетизации": стали появляться лаборатории, отделы, кафедры, факультеты и целые институты, научные журналы и ученые советы со словом "кибернетика" в самых различных сочетаниях. Несмотря на скептическое отношение ряда ученых к кибернетике, а также многочисленные попытки умаления ее общенаучного значения, она продолжала свое победоносное шествие, доказывая право на существование не только теоретическими резуль-

татами, но и огромным вкладом в решение практических задач. Кибернетика проникла во все сферы общественной жизни, коснулась практически всех отраслей знаний.

Являясь синтетической междисциплинарной наукой, кибернетика охватила настолько широкий круг проблем управления в различных областях реального мира, что сама подверглась дифференциации и распалась на ряд самостоятельных отраслевых направлений, включая *техническую кибернетику*, предметом которой явились информационно-управленческие процессы, т. е. процессы управления и обработки информации в технических системах.

Не прошло и двух десятилетий, как кибернетика вышла за границы, очерченные ее создателем Винером (N. Wiener), и обрела статус метатеории, область действия которой значительно превзошла исходную область действия кибернетики, не являясь при этом ее заменой, альтернативой.

Кибернетику возвели в ранг "новой философии и методологии науки" и начали критиковать по поводу грядущего "кибернетического экстремизма". Миражи "кибернетизации" стали рассеиваться, а кибернетические исследования — все больше отрываться от запросов практики. В результате уже к концу 1980-х годов одиссея кибернетики практически закончилась: при молчаливом соучастии "людей Большой науки" она была тихо предана забвению и незаметно ушла из стана научного познания, причем вместе с ней ушли и все ее составляющие, включая техническую кибернетику. Касаясь сложившейся кризисной ситуации, А. А. Дородницын с сожалением констатировал [22, с. 23]: "кибернетику постигла печальная участь", а редколлегия известного журнала "Информатика и процессы управления" дала соответствующее разъяснение [23, с. 132]: "кибернетика оказалась почти в положении "живого трупа", о похоронах которого официального объявления все еще нет".

Основной причиной столь раннего "заката" кибернетики явилась "хлестаковщина": она все чаще стала расширять свои претензии и высказывать больше предположений, чем реальных практических предложений. Как следствие, она не оправдала ряд запальчивых обещаний и наряду с успехами потерпела серьезные неудачи, связанные с крушением мифа о кибернетическом чуде, способном решать все мыслимые проблемы бытия. Как заметили Л. А. Растринин и П. С. Граве [24, с. 39]: "Вольно или невольно, но кибернетика наобещала значительно больше, чем дала".

Мехатроника и "второе пришествие" кибернетики. Вряд ли отечественные и зарубежные основатели кибернетики" могли предвидеть ту парадоксаль-

ную ситуацию, в которой она оказалась. Недавно на страницах газеты "Наука в Сибири" [25, с. 4—5] развернулась дискуссия на тему "Куда "исчезла" кибернетика?", основное внимание которой было уделено обсуждению тезиса: "Кибернетика плавно перетекла в информатику". Дело в том, что в научных кругах бытует мнение, что в результате компьютерной революции живущую до сих пор в кредит кибернетику потеснила новая, более "практичная" наука — *информатика, призванная изучать все аспекты обработки информации в системах любой природы*. При этом ряд ученых пытаются отождествлять кибернетику и информатику, рассматривать их как синонимы. Так, например, В. Г. Пушкин и А. Д. Урсул [26, с. 52] допускают, что кибернетика "трансформировалась в информатику", Б. В. Бирюков отмечает [21, с. 8], что "информатика — это кибернетика на современном этапе развития", а В. Л. Береснев считает [25], что "произошла замена понятий", "слово "кибернетика" растворилось в других понятиях".

Что же все таки произошло с кибернетикой?

Официальная точка зрения на "кибернетический исход" дана в энциклопедическом словаре "Информатика" [27, с. 106]: "кибернетика уступила пальму первенства информатике, решающей многие задачи, которые впервые поставила перед собой кибернетика", причем кибернетика стала частью информатики, составляя лишь одну из восьми ее ветвей, и "может рассматриваться, как прикладная информатика в области создания и использования автоматических или автоматизированных систем управления". В результате термин "информатика" получил широкое распространение, а термин "кибернетика" стал исчезать из обращения, сохранившись формально в названиях институтов, лабораторий и кафедр, которые возникли в эпоху былого "кибернетического бума" [28]. Сегодня в "порождающей терминологии для базовых наук" кибернетика заменена информатикой, в школах основные ее понятия введены в школьный стандарт по курсу "Информатика", а в Америке (на родине кибернетики) ее просто перестали преподавать. При этом термин "кибернетика" можно услышать лишь в сочетаниях типа "киберпространство", а на вопрос, что такое "кибернетический" — получить ответ: "относящийся к интернету и к виртуальной реальности".

Термин "*информатика*" — это чисто русское изобретение, являющееся калькой с неологизма *informatique*, введенного в 1962 г. во Франции Дрейфусом (Ph. Dreyfus) путем слияния слов "ИНФОРмация" и "автоМАТИКА" для обозначения информационной автоматизации или автоматизации обработки информации. В англоязычной литературе термину

"информатика" соответствует синоним *computer science*, т. е. компьютерные науки. Очевидно, что в силу своей специфики информатика не в состоянии в полной мере заполнить научный вакуум, образовавшийся после "ухода" кибернетики.

Впервые вопрос о возможной подмене кибернетики другими науками был поднят еще в 1968 г. в известном сборнике "Кибернетика ожидаемая и кибернетика неожиданная". Позже, предвидя такую подмену, один из патриархов отечественной кибернетики Б. Н. Петров утверждал, что "кибернетика и информатика — это не одно и то же" [29, с. 14], М. Г. Гаазе-Рапопорт подчеркивал [30, с. 28]: "Использование информации и ее обработка не есть кибернетика", а А. М. Федотов отмечает [25]: "Нельзя поставить тождество между кибернетикой и информатикой. Это все-таки немного разные своды наук".

В самом деле, кибернетика и информатика, внешне очень похожие дисциплины, различаются в расстановке акцентов. Так, информатика появилась благодаря развитию компьютерной техники, базируется на ней и совершенно немыслима без нее. Кибернетика же развивается сама по себе, строя различные модели управления объектами, хотя и очень активно использует достижения компьютерной техники. Считается, что в информатике отсутствует концепция управления, ключевая для кибернетики, а кибернетика существует независимо от компьютеров, занимающих по отношению к ней такое же место, как физические приборы по отношению к физике.

В начале 1980-х годов ряд ученых обратились к предсказаниям будущего кибернетики, пытаясь ответить на вопрос В. Д. Пекелиса: "Кибернетика — что же дальше?". Ответ на данный вопрос содержится во встречном вопросе В. В. Налимова [31, с. 36]: "нужны ли науке метанаучные составляющие?", а также в утверждении А. М. Федотова [25]: "Кибернетика — это типичная метанаука и, естественно при развитии из нее извлекаются "чистые" науки, которые продолжают жить самостоятельно. А сама "мета" в конечном итоге перестает существовать как наука". Данная особенность развития метанаук явилась ключевой метафорой генезиса мехатроники: *период зарождения мехатроники — закат кибернетики и рассвет информатики*.

Действительно, нетрудно убедиться в справедливости смысла данной метафоры. Как отмечает В. Д. Пекелис [32, с. 27]: "кибернетика, достигнув известной степени зрелости, сама своим развитием поставила вопрос о необходимости сузить свой предмет". Обратимся к данному выше определению мехатроники как науки о компьютерном управлении в технических системах. Ясно, что при таком

определении термин "мехатроника" эквивалентен современной, "компьютерной трактовке" ушедшего из научно-технического лексикона термина "техническая кибернетика", означающего управление в технических системах.

Непрерывная эволюция предмета технической кибернетики, обусловленная постепенным усложнением кибернетических систем, а также применением современных средств автоматизации и вычислительной техники, привела в конечном итоге к радикальному изменению ее содержания. В начале 1980-х гг. она претерпевает период компьютеризации, связанный с изобретением микропроцессорных технологий, и становится основой широко-масштабной автоматизации технических объектов и технологических процессов на базе встроенных мини- и микрокомпьютеров. Принципиальной фундаментальной инновацией здесь является переход от механических и электрических к микроэлектронным вычислительным средствам обработки информации и управления на основе микропроцессоров и интегральных схем. В связи с этим в технической кибернетике наметились два самостоятельных перспективных направления дальнейшего развития по пути разработки, создания и использования компьютерной техники: первое — для обработки информации и второе — для управления. В результате первое направление породило *техническую информатику*, а второе — *мехатронику*. Таким образом, кибернетика стала материнской наукой для информатики и прародительницей мехатроники. Мехатроника придала "второе дыхание" оказавшейся почти бездыханной кибернетике, обеспечив ее "второе пришествие".

Кстати, в аннотации к известной книге по мехатронике [6], прямо указано, что "она посвящена актуальной проблеме построения сложных автоматических систем", что по смыслу прямо совпадает с классическим определением кибернетики, данным А. И. Бергом [33, с. 5]: "Кибернетика — наука об управлении сложными динамическими системами".

По мнению некоторых ученых, мехатронике "еще предстоит сформироваться как самостоятельной науке, предстоит обрести обязательные атрибуты новой науки". Мы вправе утверждать, что мехатроника уже 20 лет назад приобрела статус самостоятельной фундаментальной технической науки [19, 34]: *мехатроника представляет собой компьютерную парадигму развития технической кибернетики* и находится с ней в таком же отношении непосредственной преемственности, какое характерно, например, для физики классической и физики современной. Ее зарождение происходило в недрах

технической кибернетики, на кибернетической платформе в соответствии с преемственностью научного знания: техническая кибернетика составила ее теоретическую, а компьютерная техника — техническую базы. При этом она естественно отражает целостное восприятие информационных, вычислительных и управляющих процессов, выраженное известным шведским специалистом в области компьютерного управления техническими системами Остромом (К. J. Åström) следующей афористичной формулой:

$$\text{Communication} + \text{Computation} + \text{Control} = C^3.$$

Кстати, еще Винер в 1954 г. дал удивительно точный прогноз именно мехатронной парадигмы развития технической кибернетики, подчеркивая, что ЭВМ будут активно использоваться для непосредственного управления исполнительными механизмами.

В заключение отметим, что в настоящее время информатика и мехатроника проходят этап своего тридцатилетнего становления и рассматриваются как перспективные "точки роста" науки и техники XXI века. При этом дальнейший научно-технический прогресс, связанный с глобальной информатизацией и мехатронизацией на основе компьютеризации и автоматизации, безусловно, приведет к наиболее полному представлению о единстве процессов управления и обработки информации.

Список литературы

1. Слесарев М. Ю. Мехатроника и развитие техносферы. Ч. I // Мехатроника. 2000. № 1. С. 11—16.
2. Филимонов Н. Б. Мехатронная парадигма развития техносферы // Аэрокосмические технологии: Материалы Первой междунар. науч.-техн. конф., посвященной 90-летию со дня рож. В. Н. Челомея. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, НПО Машиностроение, 2004. С. 235—239.
3. Степин В. С. Теоретическое знание. М.: Прогресс-Традиция, 2000.
4. Ушаков Е. В. Введение в философию и методологию науки: Учебник. М.: Изд-во "Экзамен", 2005.
5. Кун Т. Структура научных революций. М.: Прогресс, 1975.
6. Мехатроника / Т. Исии, И. Симояма, Х. Иноуэ и др. М.: Мир, 1988.
7. Антонов Б. И., Филимонов Н. Б. Не "обо всем", а о мехатронике (о границах проблематики журнала) // Мехатроника. 2000. № 6. С. 43—47.
8. Аршанский М. М., Шалобаев Е. В. Мехатроника: основы глоссария // Мехатроника, автоматизация, управление. 2001. № 4. С. 47—48.
9. Шалобаев Е. В. К вопросу об определении мехатроники и иерархии мехатронных объектов // Датчики и системы. 2001. № 7. С. 64—67.
10. Слесарев М. Ю. Мехатроника, основные понятия, современный и прогнозируемый уровень мехатронных систем // Ма-

шиностроение. Энциклопедия / Ред. совет: К. В. Фролов (пред.) и др. Т. Ш-8. М.: Машиностроение, 2000. С. 714—731.

11. **Крайнев А. Ф.** Механика машин: Фундаментальный словарь. М.: Машиностроение, 2000.

12. **Введение** в мехатронику: Учеб. пособие / А. К. Тугенгольд, И. В. Богуславский, Е. А. Лукьянов и др. Под ред. А. К. Тугенгольда. В 2-х кн. Ростов н/Д: Изд. центр ДГТУ, 2002—2004.

13. **Подураев Ю. В.** Мехатроника: основы, методы, применение. М.: Машиностроение, 2006.

14. **Ослендер Д. М., Риджи Дж. Р., Рингенберг Дж. Д.** Управляющие программы для механических систем: объектно-ориентированное проектирование систем реального времени. М.: БИНОМ Лаборатория базовых знаний, 2004.

15. **Филимонов Н. Б.** Эволюция мехатроники // Известия ТулГУ. Сер. Вычислительная техника. Информационные технологии. Системы управления. Вып. 3. Системы управления. Т. 2. Тула: ТулГУ, 2006. С. 277—281.

16. **Ильясов Б. Г., Даринцев О. В., Мунасыпов Р. А.** Основы микроробототехники: Учеб. пособие. Уфа: УГАТУ, 2004.

17. **Тертычный-Даури В. Ю.** Адаптивная механика. М.: Факториал, Факториал Пресс, 2003.

18. **Фрадков А. Л.** Кибернетическая физика: принципы и примеры. СПб.: Наука, 2003.

19. **Теряев Е. Д., Филимонов Н. Б., Петрин К. В.** Современный этап развития мехатроники и грядущая конвергенция с нанотехнологиями // Мехатроника, автоматизация, управление: Материалы 5-й науч.-техн. конф. С.-Петербург: ГНЦ РФ ЦНИИ "Электроприбор", 2008. С. 9—20.

20. **Техническое творчество:** теория, методология, практика. Энциклопедический словарь-справочник / Под ред. А. И. Половинкина и В. В. Попова. М.: НПО "Информ-система", 1995.

21. **Бирюков Б. В.** Кибернетика, информатика, вычислительная техника, автоматика: Проблемы становления и развития. Вклад отечественной науки // Кибернетика: прошлое для будущего. М.: Наука, 1989. С. 7—45.

22. **Кибернетика.** Становление информатики. М.: Наука, 1986.

23. **Дидук Н. Н., Кваль В. Н.** Существует ли наука кибернетика? (О роли кибернетики в естествознании) // Проблемы управления и информатики. 2001. № 3. С. 133—135.

24. **Растринин Л. А., Граве П. С.** Кибернетика как она есть. М.: Молодая гвардия, 1975.

25. **Куда "исчезла" кибернетика?** (круглый стол "НВС") // Наука в Сибири. № 37(2622), 27 сент. 2007 г.: <http://www.sbras.ru/HBC/hbc.phtml9+432+1>

26. **Пушкин В. Г., Урсул А. Д.** Информатика, кибернетика, интеллект. Философские очерки. Кишинев: Изд-во "Штиинца", 1989.

27. **Информатика:** Энциклопедический словарь для начинающих / Сост. Д. А. Поспелов. М.: Педагогика-Пресс, 1994.

28. **Поспелов Д. А.** Становление информатики в России // Очерки истории информатики в России / Сост. Д. А. Поспелов, Я. И. Фет. Новосибирск: Науч.-изд. центр ОИГГМ СО РАН, 1998.

29. **Петров Б. Н.** Кибернетика на новом этапе // Кибернетика. Дела практические. М.: Наука, 1984. С. 14—26.

30. **Гаазе-Рапопорт М. Г.** Куда идет кибернетика? Там же. С. 26—36.

31. **История информатики в России:** ученые и их школы / Сост. В. Н. Захаров, Р. И. Подловченко, Я. И. Фет. М.: Наука, 2003.

32. **Пекелис В. Д.** Кибернетическая смесь: Впечатления, находки, случаи, заметки, размышления, рассказанное и увиденное — разные поводы для разговора о кибернетике. М.: Знание, 1991.

33. **Кибернетика, мышление, жизнь** / Под ред. А. И. Берга, Б. В. Бирюкова, И. Б. Новика и др. М.: Мысль, 1964.

34. **Теряев Е. Д., Петрин К. В., Филимонов Н. Б.** От кибернетики к информатике и мехатронике: эволюция современных представлений // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды X Междунар. конф. Самара: Самарский ЦНЦ РАН, 2008. С. 22—25.

ИНФОРМАЦИЯ

28 сентября—4 октября 2009 г.

пос. Дивноморское Геленджикский район, Краснодарский край

В рамках Международной научно-технической мультikonференции

"Актуальные проблемы информационно-компьютерных технологий, мехатроники и робототехники" (ИКТМР-2009)

состоится локальная научно-техническая конференция

"МЕХАТРОНИКА, АВТОМАТИЗАЦИЯ, УПРАВЛЕНИЕ" (МАУ-2009)

Председатель — член-корр. РАН Е. Д. Теряев

Направления конференции

- ◆ Проблемы управления в мехатронных системах.
- ◆ Проблемы интеллектуализации и миниатюризации мехатронных систем.
- ◆ Функциональные элементы мехатронных систем.
- ◆ Проектирование и моделирование мехатронных систем.
- ◆ Проблемно-ориентированные мехатронные системы.

Подробную информацию о мультikonференции ИКТМР-2009 и локальной конференции МАУ-2009 см. на сайте <http://www.mvs.tsure.ru>