

УДК 621.865.8; 382.049.77

А.М. Кориков

О развитии понятия «мехатроника»*

Анализируются развитие понятия «мехатроника» и эволюция представлений о предметной области мехатроники. Поддерживается тезис о том, что мехатроника представляет собой компьютерную парадигму развития автоматизации и технической кибернетики.

Ключевые слова: мехатроника, эволюция мехатроники, парадигма мехатроники.

Введение

Термин «мехатроника» и производные от него термины «электромехатроника», «наномехатроника» и т.п. в последние годы популярны в научном сообществе. Обусловлено это тем, что *мехатроника как область научно-технического знания и инженерной деятельности* в настоящее время находится в стадии интенсивного развития как в России, так и за рубежом. Отметим, что в России издается периодическое издание – журнал «Мехатроника, автоматизация, управление», по актуальным проблемам мехатроники публикуются монографии, сборники статей, учебная литература, проводятся научные конференции и выставки мехатронной техники, по мехатронной тематике работают исследовательские, производственные и инновационные организации, по мехатронике и робототехнике осуществляется подготовка бакалавров, специалистов, магистров, по мехатронной тематике защищаются диссертации. В ближайшем будущем, согласно существующим прогнозам [1, 2], мехатроника наряду с информатикой и биоинженерией окажет революционизирующее влияние на развитие техносферы. В литературе по рассматриваемой тематике высказываются различные дискуссионные (и часто противоречивые) точки зрения, что обостряет интерес к базовым понятиям мехатроники и границам её применимости.

Заметим, что несмотря на популярность обсуждаемого направления науки и техники, общепринятого определения мехатроники и, в частности, электромехатроники до сих пор нет, поэтому публикация статьи [3] является актуальной и своевременной, но по некоторым положениям рассматриваемой работы в современной научно-технической литературе имеются иные точки зрения. Это отмечалось нами в рецензии на данную статью. Часть замечаний, содержащихся в нашей рецензии, была учтена автором работы [3] при её доработке, а часть замечаний была проигнорирована, возможно, по причине их дискуссионного характера. Рассматриваемые вопросы интересны для широкой научной аудитории особенно в части обсуждения парадигмальной концепции развития науки и, в частности, мехатроники. Именно по этой причине рецензент решил написать в порядке дискуссии настоящую статью и изложить в ней свою позицию по спорным положениям, имеющимся в [3]. Статья [3] и данная статья публикуются одновременно в одном номере журнала для того, чтобы у читателя сформировалось более полное представление о развитии понятия «мехатроника» и современном состоянии рассматриваемой предметной области. Для понимания сути обсуждаемых вопросов автор рекомендует читателю сначала ознакомиться с [3], а затем приступить к чтению нашей работы. Далее ограничимся комментариями по статье [3] в части только тех двух замечаний из нашей рецензии на данную статью, которые с нашей точки зрения относятся к существенным, однако неучтены или, что вполне возможно, поняты неточно автором работы [3].

1. Эволюция мехатроники

Первое наше замечание по статье [3] заключается в следующем:

В названии статьи автор обещает раскрыть «развитие понятия «мехатроника». К сожалению, это обещание автором не выполнено. Поэтому первое замечание (точнее – пожелание) состоит в том, чтобы автор попытался раскрыть эволюцию понятия «мехатроника» от упомянутых им японских авторов до нового ГОС ВПО РФ 2009 г.

В первоначальном варианте статьи [3] цитировалось общее определение мехатроники из ГОС ВПО РФ 1995 г. по направлению «Мехатроника и робототехника», однако в публикуемой статье [3] имеются только ссылки на ГОСы ВПО РФ 1995 и 2009 гг. и утверждается, что *«термин «мехатроника» все чаще применяется как название машин различной физической природы с компьютерным управлением движением, отличающихся специальными разнородными техническими связями»* (курсив наш). Приведем в поряд-

* Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 09-07-999029-р_офи).

ке дискуссии определение мехатроники из ГОС ВПО РФ по направлению 221000 «Мехатроника и робототехника», утвержденного для бакалавров в ноябре 2009 г., а для магистров в декабре 2009 г.: «*Мехатроника – область науки и техники, основанная на системном объединении узлов точной механики, датчиков состояния внешней среды и самого объекта, источников энергии, исполнительных механизмов, усилителей, вычислительных устройств (ЭВМ и микропроцессоры)*». В новом ГОС ВПО РФ дается также определение *мехатронной системы как единого комплекса «электромеханических, электрогидравлических, электронных элементов и средств вычислительной техники, между которыми осуществляется постоянный динамически меняющийся обмен энергией и информацией, объединенный общей системой автоматического управления, обладающей элементами искусственного интеллекта».*

Выше (см. введение к данной статье), в цитируемом ГОС ВПО РФ 2009 г. и в известной литературе (см. например [1, 2, 4, 5]) отмечается, что мехатроника – область науки и техники, а не «название машин» [3]. Для названия машин ГОС ВПО РФ предлагает другой термин: «мехатронная система». Различие в терминах очевидно!

Попытаемся исправить критикуемый недостаток работы [3] и кратко рассмотрим развитие понятия «мехатроника». В обширной библиографии по мехатронике отмечается введение этого термина как неологизма, образованного слиянием базовых понятий «механика» и «электроника» [1, 3–5]. Заметим, что в монографии упоминаемых выше японских авторов [6] не дано определение понятия «мехатроника». В этой монографии отмечено, что «одной из ключевых проблем мехатроники является управление механическим движением с помощью компьютера». В отечественной литературе в качестве общего часто используется определение из ГОС ВПО РФ 1995 г. по направлению «Мехатроника и робототехника». Однако в справочной литературе термин «мехатроника» появился в России лишь в 2000 г. [7, 8]. В зарубежной литературе популярно определение из 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)».

В статье [1] приведена подборка определений понятия «мехатроника» из отечественной и зарубежной литературы, анализ которых позволил авторам [1] сделать следующий вывод: в отечественной литературе наиболее удачной является трактовка мехатроники 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» [1. С. 5]. Во вводной части цитируемой статьи [1] подчеркивается, что в этой статье отражается позиция единственного отечественного периодического издания в области мехатроники – журнала «Мехатроника, автоматизация, управление», поэтому приведенным определениям следует придать соответствующее значение.

Из сравнительного анализа определений из работ [1, 2, 4–8] и определений из ГОС ВПО РФ 1995 и 2009 гг. следует, что несмотря на некоторые расхождения в формулировках определения из нового ГОС ВПО РФ, остаются в рамках *классической механической парадигмы мехатроники*, сложившейся к концу XX в. [1]:

– «*мехатроника* – область науки и техники, лежащая на стыке *механики*, микроэлектроники, информатики и автоматизации;

– *мехатронная система* – целесообразное сочетание *механических устройств* и электронно-вычислительных средств контроля и управления, образующих определенную информационно-управляемую целостность;

– предмет мехатроники – компьютерное управление механическим движением».

В статье [1] отмечается, что «любая научная парадигма является динамичной, постоянно развивающейся, причем в своем применении она варьируется, обогащается и уточняется» и, со ссылкой на работу [9], отмечается расширение механической парадигмы мехатроники. В [9. С. 10] предложено рассматривать мехатронику как «средство принятия решений по управлению функционированием физических систем». Физическая трактовка мехатроники развивается в работах [10, 11] и согласуется с особенностью микромехатронных систем [12], состоящей в том, что эти механизмы являются не преобразователями каких-либо механических передач или движений, а преобразователями вида энергии, например, электрической и тепловой в механическую. Итак, физическая трактовка мехатроники включает в себя как частный случай классическую механическую трактовку мехатроники, так как «механическое движение... является одной из самых

простых форм движения» [1]. В цитируемой работе отмечается, «что происходит расширение классической парадигмы мехатроники, связанное с переходом от компьютерного управления механическими процессами к компьютерному управлению физическими процессами». Отмеченное расширение отражает эволюцию взаимосвязей различных форм движущейся материи: переход от наиболее простых, механических форм движения к более сложным, физическим формам движения.

2. О парадигме мехатроники

Процитируем еще одно замечание из нашей рецензии на статью [3]:

Из анализа современных трактовок понятия «мехатроника» следует вывод о том, что мехатроника представляет собой компьютерную парадигму развития автоматизации и технической кибернетики [1, 13]. Авторы [1] отмечают, что происходит расширение классической парадигмы мехатроники, связанное с переходом от компьютерного управления механическими процессами к компьютерному управлению физическими процессами. В этой связи не выдерживает критики способ введения автором понятий «электромехатроника», «пневмомехатроника», «гидромехатроника», «пьезомехатроника» (см. рис. 1 в [3]). Например, согласно отмеченной выше парадигме «пневмомехатроника» развивается на базе «пневмоавтоматики». Из известных систем пневмоавтоматики назовем УСЭПА [14. С. 389]. Упомянутый в [3] пневматический ПЭ – один из многих элементов УСЭПА. Имеем очевидное противоречие вводимого автором понятия с упомянутой доминирующей парадигмой мехатроники, так как даже по составу элементов пневмомехатроника в трактовке [3] беднее пневмоавтоматики. Это относится и к другим известным достоинствам пневмоавтоматики: надежности, безопасности в пожарном отношении и защищенности от воздействия радиоактивных излучений. Из вышеизложенного следует второе замечание: предложенная автором классификация направлений мехатроники на 2-м уровне (см. рис. 1 в [3]) противоречит современному уровню развития автоматизации и технической кибернетики.

К сожалению, автор статьи [3] не проник в суть сделанного нами замечания и ввел в исправленный вариант [3] разделы «Развитие механической парадигмы мехатроники по признаку «приводные устройства» и «Развитие компьютерной парадигмы мехатроники по признаку «интеллектуальное управление». Из названных разделов статьи [3] следует, что в настоящее время одновременно существует как бы две парадигмы мехатроники: механическая и компьютерная. В [3] парадигмы мехатроники определяются её компонентами, а так как на 1-м уровне понятия «электромехатроника» введено 4 компоненты (см. рис. 1 в [3]), то парадигм электромехатроники возможно четыре? Этот вопрос оставим пока без ответа и обратимся к известным интерпретациям термина «парадигма». Понятие «парадигма» имеет различные толкования [15. С. 477]. В научном сообществе этот термин получил широкое распространение после работ американского историка физики Т. Куна, предложившего систему понятий, среди которых важное место принадлежит парадигме, т.е. «...признанным всеми научным достижениям, которые в течение определенного времени дают модель постановки проблем и их решений научному сообществу» [16]. В современной трактовке термин «парадигма» означает «некоторую систему общепринятых взглядов, признанных научным сообществом в рамках устоявшейся научной традиции в определенный период времени» [1]. Согласно модели Т. Куна, любая наука, в том числе и мехатроника, может находиться в одном из трех основных состояний: допарадигмальном, парадигмальном и межпарадигмальном. Ответ на поставленный выше вопрос следует из анализа куновской модели развития мехатроники как науки. В начальный период развития науки (допарадигмальная фаза) её предмет не отделен от других наук, и в ней наблюдается конкуренция большого числа расходящихся концепций и воззрений. В начале парадигмальной фазы развития науки появляется признанная научным сообществом доминирующая парадигма. Этот период развития науки Т. Кун называет нормальным. Межпарадигмальная фаза начинается с появления в науке проблем, неразрешимых в рамках доминирующей парадигмы и порождающей новые, альтернативные парадигмы. Многие ученые считают, что мехатроника в настоящее время находится в парадигмальной фазе своего развития, т.е. существует признанная научным сообществом доминирующая парадигма [1, 2, 13], отмеченная нами выше. Из вышеизложенного следует ответ на поставленный выше вопрос. Строго говоря, в [3] рассматриваются не различные парадигмы мехатроники, в этой работе предпринята попытка компонентной трактовки доминирующей в настоящее время парадигмы мехатроники.

Заключение

Из анализа многих публикаций по мехатронике [1–13] следует, что мехатроника – это наука о компьютерном управлении в технических системах. По смыслу данное определение совпадает с определением кибернетики по А.И. Бергу [17]: кибернетика – наука об управлении сложными динамическими системами. Управление – ключевой термин, связывающий кибернетику и мехатронику. Отметим, что в кибернетике управление рас-

считается в широком смысле и может существовать независимо от компьютеров, но её раздел – техническую кибернетику – современные исследователи [1] определяют как управление в технических системах в «компьютерной трактовке». То есть техническая кибернетика находится с мехатроникой в отношении непосредственной преемственности, характерном, например, для классической физики и физике современной [1].

Литература

1. Теряев Е.Д. Мехатроника как компьютерная парадигма развития технической кибернетики / Е.Д. Теряев, Н.Б. Филимонов, К.В. Петрин // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2009. – № 6. – С. 2–10.
2. Теряев Е.Д. Наномехатроника: состояние, проблемы, перспективы / Е.Д. Теряев, Н.Б. Филимонов // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2010. – № 1. – С. 2–14.
3. Осипов Ю.М. К вопросу о развитии понятия «мехатроника» // Наст. сб. – С. 193–198.
4. Подураев Ю.В. Мехатроника: основы, методы, применение. – М.: Машиностроение, 2007. – 256 с.
5. Горитов А.Н. Моделирование адаптивных мехатронных систем / А.Н. Горитов, А.М. Кориков. – Томск: В-Спектр, 2007. – 292 с.
6. Мехатроника / Т. Исии, И. Симояма, Х. Иноуэ и др. – М.: Мир, 1988. – 318 с.
7. Слесарев М.Ю. Мехатроника, основные понятия, современный и прогнозируемый уровень мехатронных систем // Машиностроение. Энциклопедия. Т. III–8. – М.: Машиностроение, 2000. – С. 714–731.
8. Крайнев А.Ф. Механика машин: Фундаментальный словарь. – М.: Машиностроение, 2001. – 904 с.
9. Ослэндер Д.М. Управляющие программы для механических систем: объектно-ориентированное проектирование систем реального времени / Д.М. Ослэндер, Дж.Р. Рид-жли, Дж.Д. Ринггенберг. – М.: Бином. Лаборатория базовых знаний, 2004. – 416 с.
10. Филимонов Н.Б. Мехатронная парадигма развития техносферы // Аэрокосмические технологии: Матер. 1-й междунар. науч.-техн. конф., посвященной 90-летию со дня рожд. В.Н. Челомея. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана; НПО Машиностроение, 2004. – С. 235–239.
11. Филимонов Н.Б. Эволюция мехатроники // Изв. ТулГУ. Сер. Вычислительная техника. Информационные технологии. Системы управления. – Вып. 3. Системы управления. – Т. 2. – Тула: ТулГУ, 2006. – С. 277–281.
12. Ильясов Б.Г. Основы микроробототехники: учеб. пособие / Б.Г. Ильясов, О.В. Даринцев, Р.А. Мунасыпов. – Уфа: УГАТУ, 2004. – 161 с.
13. Теряев Е.Д. Современный этап развития мехатроники и грядущая конвергенция с нанотехнологиями / Е.Д. Теряев, Н.Б. Филимонов, К.В. Петрин // Мехатроника, автоматизация, управление: матер. 5-й науч.-техн. конф. – СПб.: ГНЦ РФ ЦНИИ «Электроприбор», 2008. – С. 9–20.
14. Политехнический словарь. – 3-е изд. / Гл. ред. А.Ю. Ишлинский. – М.: Советская энциклопедия, 1989. – 656 с.
15. Философский энциклопедический словарь / Гл. ред.: Л.Ф. Ильичев, П.Н. Федосеев, С.М. Ковалев, В.Г. Панов. – М.: Советская энциклопедия, 1983. – 840 с.
16. Кун Т. Структура научных революций (С вводной статьей и дополнениями 1969 г.). – М.: Прогресс, 1977. – 300 с.
17. Кибернетика, мышление, жизнь / под ред. А.И. Берга, Б.В. Бирюкова, И.Б. Новика и др. – М.: Мысль, 1964. – 511 с.

Кориков Анатолий Михайлович

Д-р техн. наук, профессор, зав. каф. автоматизированных систем управления ТУСУРа
Тел.: (3822) 41-42-79
Эл. почта: korikov@asu.tusur.ru

Korikov A.M.

To the development of the «mechatronics» concept

The evolution of the «mechatronics» concept and the evolution of ideas about its subject area are analyzed. The author supports the thesis that mechatronics is a computing paradigm for the development of Automation and Technical Cybernetics.

Keywords: mechatronics, the evolution of mechatronics, mechatronics paradigm.