

## Теоретическая механика в подготовке специалистов по направлению «Мехатроника и робототехника»

© А.Я. Красинский<sup>1,2</sup>, Э.М. Красинская<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Московский государственный университет пищевых производств, Москва, 125080, Россия

<sup>2</sup> Московский авиационный институт, Москва, 125993, Россия

<sup>3</sup> МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

*Обсуждается роль теоретической механики как фундаментальной основы инженерной подготовки и инструмента мотивации студентов к усвоению современных образовательных технологий, а также как необходимой особо важной составляющей подготовки по направлению «Мехатроника и робототехника».*

**Ключевые слова:** *мехатроника, мехатронная система, подготовка специалистов.*

**Мехатроника как область науки и техники.** В настоящее время возросла потребность во все более сложных автоматических устройствах, способных адекватно реагировать на изменение как условий их работы, так и их параметров, а также структуры и целей задания. Математическая теория управления, несмотря на значительные достижения, не может в достаточной мере справиться с задачами такого рода, поскольку оперирует математическими моделями объектов, а непосредственно объектами и (вследствие своей общности) изучением реального поведения реальных объектов в реальных условиях их работы не занимается. Поэтому в последнее время интенсивно развивается новое направление — мехатроника, которая изучает реальное поведение механических (физических) объектов, управляемых воздействиями, формируемыми в режиме реального времени на основе оценки фазового вектора системы, полученной в результате обработки вычислительным устройством, находящимся непосредственно на объекте, реального измерения, и реализуемыми конкретными реальными исполнительными устройствами.

Мехатронная система [1, 2] представляет собой согласованно работающий на достижение общесистемной цели комплекс электромеханических, электрогидравлических, электронных элементов и средств вычислительной техники. В нем объединены узлы точной механики, датчики состояния внешней среды и самого объекта, источники энергии, исполнительные механизмы, усилители, между которыми осуществляется изменяющийся во времени обмен энергией и информацией, контролируемый общей системой автоматического управления. Появление и интенсивное развитие мехатроники является закономерным процессом, обусловленным принципиально новыми требованиями к качеству работы технологического оборудования и других систем различного назначения.

Условия работы технических устройств в настоящее время становятся все более сложными — наибольшим спросом пользуются устройства, которые могут функционировать в наиболее напряженных условиях с возможно более полным использованием всех потенциальных возможностей материалов, из которых они изготовлены. При этом особое значение приобретают не только их способность в наиболее возможной степени извлекать или использовать полезные свойства сырья, но и экономичность, снижение мощности, сокращение потребления энергии или потоков вещества, затрачиваемых на обеспечение их работоспособности. Следует также обратить внимание и на сокращение объема априорной и текущей измерительной информации, необходимой для принятия решения относительно выбора наиболее экономичного и простого режима работы технического устройства [1, 3, 4].

**Роль теоретической механики в мехатронике как инженерной специальности.** Мехатроника является результатом развития системного подхода к актуальным задачам современной инженерной практики. Специалист по мехатронике должен владеть методами комплексного применения результатов теоретической механики, математической теории управления, теории оптимальной стабилизации при неполной исходной информации, теории адаптивного управления, современной вычислительной техники и программного обеспечения к рассмотрению одновременно происходящих механических, электронных, электрических и информационных процессов. Только такое совместное рассмотрение, в котором решающая роль принадлежит теоретико-механическим аспектам [4], создает возможность нового подхода — с позиций мехатроники — к актуальным проблемам современной техники.

Именно знание качественного поведения собственных режимов (неуправляемых при отсутствии управляющих воздействий) объекта может существенно упростить и алгоритм выбора управления, и размерность вектора управляющих воздействий, а также сократить объем измерительной информации, необходимой для формирования управлений. Как показывает практика, простота системы управления (вместе с системой оценивания) и требуемая степень точности математической модели по отдельным степеням свободы в основном определяются [5] выбором используемых для моделирования уравнений и переменных — насколько этот выбор соответствует рассматриваемой задаче [6].

Важность подготовки в области теоретической механики для специалистов по направлению 221000 определяется не только и не столько этим. Специалист в области мехатроники должен обладать знаниями во многих областях науки и техники на таком уровне, чтобы, хорошо зная особенности каждой составляющей мехатронную систему части, обеспечить функционирование всей системы в таком режиме, когда эти осо-

бенности преимуществами, а на таких режимах, как правило, все входящие в систему составляющие функционируют на пределе своих возможностей становятся [7].

**Роль теоретической механики в подготовке по направлению «Мехатроника и робототехника».** Об организации преподавания учебных дисциплин по направлению 221000 можно, перефразируя Г. Фройдентала [8], говорить как о новой педагогической задаче, сложность которой определяется прежде всего ее принципиальной междисциплинарной сущностью. В настоящее время достаточно хорошо известно, что именно нужно преподавать будущим специалистам по мехатронике, но как именно, на каком необходимом уровне следует преподавать, казалось бы, совершенно не связанные между собой абстрактно-теоретические (математика, теоретическая, возможно, для некоторых специализаций и аналитическая, механика, теория управления при неполной информации, методы математического моделирования и др.) и сугубо инженерные (детали машин и основы конструирования, электротехника, промышленная электроника, технологические машины и процессы по отраслям специализации и др.) дисциплины пока не очень понятно. Совершенно очевидно, что эти уровни должны находиться во взаимном соответствии — нет смысла подробно, на высоком абстрактном профессиональном уровне изучать какую-либо одну составляющую мехатроники и в то же время преподавать другие (достаточно хотя бы одной) составляющие на более низком уровне.

Кроме того, ясно, что для понимания и усвоения идеологии мехатроники необходимо понять и усвоить идеологии ее составляющих, а это неосуществимо без приобретения фундаментальных основ знаний. Поэтому обучение мехатронике наряду с общеинженерными дисциплинами должно включать в себя и необходимый объем общетеоретических сведений. И именно теоретическая механика является дисциплиной, изучение которой закладывает фундамент всей системы инженерного образования, особенно по направлению 221000. Именно при ее изучении могут быть не только усвоены фундаментальные теоретические положения и методы, но и сформирован стиль мышления, отвечающий современным требованиям. Следует отметить, что при подготовке специалистов по мехатронике необходимо уделять внимание усвоению навыков квалифицированного практического использования программно реализованных процедур решения прикладных задач, основанных на этих методах. С этой точки зрения теоретическая механика отличается тем, что имеется возможность включить в ее изложение решения практически важных, достаточно общих современных задач, причем решения, получаемые с использованием самых современных, в том числе и информационных, технологий [9].

В связи с неординарностью и сложностью подготовки по направлению 221000 как новой педагогической задачи чрезвычайно важна самостоятельная работа студента, организация и контроль которой должны составлять бóльшую часть учебной работы преподавателя. Поэтому значительно возрастает роль мотивации к развитию у будущих специалистов способностей к самостоятельному обучению и приобретению навыков такого обучения.

Несмотря на то, что до сих пор нет достаточно разработанного методического обеспечения для дисциплин направления «Мехатроника и робототехника», тем не менее можно использовать существующие электронные версии учебников и монографий многих известных авторов. К настоящему времени практически по каждой дисциплине этого направления имеется несколько вариантов электронных курсов лекций, указаний по выполнению лабораторных работ и самостоятельной работе студентов как для первоначального ознакомления с дисциплиной, так и для усвоения содержания дисциплины на достаточно высоком профессиональном уровне.

К сожалению, большинство студентов не подготовлено к систематическому использованию этого образовательного ресурса. Важное значение в приобретении такого навыка имеют новые образовательные технологии, в частности применение возможностей современного программного обеспечения [9, 10] для облегчения утомительных и громоздких преобразований при решении конкретных индивидуальных заданий [11]. Причем, поскольку соответствующие указания и примеры решения этих вариантов заданий представлены в электронном виде, их можно использовать и для дистанционного обучения. Особая роль отводится именно теоретической механике и в этом направлении, поскольку существует множество разных вариантов электронных образовательных ресурсов по этой учебной дисциплине, применение которых может мотивировать студентов к основательному изучению как собственно теоретической механики, так и мехатроники.

В заключение следует еще раз отметить, что теоретическая механика является необходимой составляющей инженерного образования, усвоение которой формирует стиль мышления, облегчающий изучение других естественно-научных, общинженерных и специальных дисциплин, а также мотивирует студентов к самостоятельному использованию современных образовательных технологий вследствие развитого методического обеспечения этой дисциплины в электронной форме.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Подураев Ю.В. *Мехатроника: основы, методы, применение*. Москва, Машиностроение, 2006, 256 с.
- [2] Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки 221000 Ме-

- хатроника и робототехника (утв. приказом Министерства образования и науки РФ № 545 от 9 ноября 2009 г.).
- [3] Красинский А.Я. Об организации подготовки специалистов по мехатронике для пищевых отраслей Устойчивость, управление и моделирование динамических систем. *Материалы Междунар. науч. семин.* Уральский университет путей сообщения, 2006, вып. 54(137)а, 95 с.
  - [4] Красинский А.Я. О теоретико-механическом аспекте в анализе динамики мехатронных систем. *Тр. Междунар. науч. конф. «Роль Национального университета Узбекистана в развитии системы высшего образования и науки в Узбекистане»*, 22–23 августа 2008 г. Ташкент, НИИУЗ, 2008, с. 183–187.
  - [5] Красинский А.Я., Красинская Э.М. Моделирование динамики стэнда Ball&Beam как управляемой механической системы с избыточной координатой. *Наука и образование. Электронное научно-техническое издание*, 2014, № 01, с. 347–376. doi: 10.7463/0114.0646446.
  - [6] Yu W. Nonlinear PD regulation for ball and beam system. *Int. Journal of Electrical Engineering Education*, 2009, vol. 46, no. 1, pp. 59–73.
  - [7] Красинский А.Я. Преподавание мехатроники в аграрных вузах. *Вестник Курганской ГСХА*, 2013, № 4, с. 60–62.
  - [8] Фройденталь Г. *Математика как педагогическая задача*. Москва, Просвещение, 1982, 208 с.
  - [9] Капустина О.М., Мартыненко Ю.Г., ред. Применение свободно распространяемой системы компьютерной алгебры Maxima в преподавании теоретической механики. *Сб. науч.-метод. ст. «Теоретическая механика»*, Москва, Изд-во Московского университета, 2012, вып. 28, с. 81–88.
  - [10] Степанов С.Я., Мартыненко Ю.Г., ред. Использование компьютера в практических занятиях по теоретической механике. *Сб. науч.-метод. ст. «Теоретическая механика»*. Москва, Изд-во Московского университета, 2012, вып. 28, с. 169–184.
  - [11] Красинский А.Я. Об организации лаборатории мехатроники и робототехники при кафедре «Автоматизация биотехнических систем». *Сб. матер. 1-й Междунар. науч.-практ. конф.-выставки*. Москва, 13–14 ноября, 2012 г., МГУПП, с. 112–115.

Статья поступила в редакцию 29.10.2014

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Красинский А.Я., Красинская Э.М. Теоретическая механика в подготовке специалистов по направлению «Мехатроника и робототехника». *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2014, вып. 12.

URL: <http://engjournal.ru/catalog/pedagogika/hidden/1346.html>

**Красинский Александр Яковлевич** — д-р физ.-мат. наук, главный научный сотрудник научно-методического управления Московского государственного университета пищевых производств, профессор кафедры «Теория вероятностей» Московского авиационного института. Область научных интересов: аналитическая механика, нелинейная теория устойчивости, оптимальная стабилизация нелинейных систем при неполной информации. e-mail: krasinsk@mail.ru

**Красинская Эсфира Мустафовна** — канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры «Теоретической механики» МГТУ им. Н.Э. Баумана. Область научных интересов: аналитическая механика, нелинейная теория устойчивости, оптимальная стабилизация движений механических систем.

## The role of theoretical mechanics in training specialists in the field of mechatronics and robotics

© A.Ya. Krasinsky<sup>1,2</sup>, E.M. Krasinskaya<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Moscow State University of Food Production, Moscow, 125080, Russia

<sup>2</sup> Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow, 125993, Russia

<sup>3</sup> Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russia

*The role of theoretical mechanics which is a fundamental basis of engineering education is in the focus of the discussion. The importance of this discipline with respect to the professional education in mechatronics and robotics is stressed.*

**Keywords:** mechatronics, mechatronical system, professional education.

### REFERENCES

- [1] Poduraev Yu.V. *Mekhatronika: osnovy, metody, primeneniye* [Mechatronics: fundamentals, methods and application]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 2006, 256 p.
- [2] *Federalnyi gosudarstvennyi obrazovatelnyi standart vysshego professionalnogo obrazovaniya po napravleniyu podgotovki 221000 Mekhatronika i robototekhnika (utverzhen prikazom Ministerstva obrazovaniya i nauki RF no. 545 ot 9 noyabrya 2009 goda)* [Federal state educational standard of higher education in the direction of training 221000 Mechatronics and Robotics (app. by The Ministry of Education and Science of the Russian Federation no. 545, November 9, 2009)].
- [3] Krasinsky A.Ya. Ob organizatsii podgotovki spetsialistov po mekhatronike dlya pischevykh otrasley. Ustoichivost, upravlenie i modelirovanie dinamicheskikh sistem [On the organization of training in mechatronics for food industry. Stability, control and simulation of dynamic systems]. *Materialy Mezhdunarodnogo nauchnogo seminara* [Proceedings of the Int. sci. Seminar]. Ural Railway University, 2006, issue. 54(137)a, 95 p..
- [4] Krasinsky A.Ya. O teoretiko-mekhanicheskom aspekte v analize dinamiki mekhatronnykh system [On the theoretical and mechanical aspects of the analysis of the dynamics of mechatronic systems]. *Trudy Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii "Rol Natsionalnogo universiteta Uzbekistana v razvitiy sistemy vysshego obrazovaniya i nauki v Uzbekistane"* [Papers Int. sci. Conf. "The role of the National University of Uzbekistan in the development of higher education and science system in Uzbekistan"]. August 22–23, 2008. Tashkent, NIIUZ, 2008, pp. 183–187.
- [5] Krasinsky A.Ya., Krasinskaya E.M. *Nauka i obrazovanie. Elektronnoe nauchno-tekhnicheskoe izdanie — Science and Education: Electronic Scientific and Technical Journal*, 2014, no. 01, pp. 347–376. doi: 10.7463/0114.0646446.
- [6] Yu W. Nonlinear PD regulation for ball and beam system. *Int. Journal of Electrical Engineering Education*, 2009, vol. 46, no. 1, pp. 59–73.
- [7] Krasinsky A.Ya. *Vestnik Kurganskoy GSKhA — Herald of the Kurgan SAA*, 2013, no. 4, pp. 60–62.
- [8] Freudenthal H. *Mathematik als pädagogische Aufgabe*. 2 Bde. Ernst Klett Verlag, Stuttgart, 1973.
- [9] Kapustina O.M., Martynenko Yu.G., eds. *Primeneniye svobodno rasprostranenoj sistemy kompyuternoy algebry Maxima v prepodavanii teoreticheskoy mekha-*

niki [The use of open source computer algebra system Maxima in the teaching of theoretical mechanics]. *Sbornik nauchno-metodicheskikh statei "Teoreticheskaya mekhanika"* [Coll. scientific-method. Art. Theoretical Mechanics]. Moscow, MSU Publ., 2012, issue 28, pp. 81–88.

- [10] Stepanov S.Ya., Степанов С.Я., Martynenko Yu.G., eds. Ispolzovanie kompyutera v prakticheskikh zanyatiyakh po teoreticheskoy mekhanike [Using a computer in a practical training in theoretical mechanics]. *Sbornik nauchno-metodicheskikh statei "Teoreticheskaya mekhanika"* [Coll. scientific-method. Art. Theoretical Mechanics]. Moscow, MSU Publ., 2012, issue 28, pp. 169–184.
- [11] Krasinsky A.Ya. Ob organizatsii laboratorii mekhatroniki i robototekhniki pri kafedre "Avtomatizatsiya biotekhnicheskikh system" [On the organization of mechatronics and robotics laboratory at the Department of "Automation of biotechnical systems"] *Sbornik materialov 1-y Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konf.-vystavki* [Coll. mater. 1st Int. Sci. and Practical. konf.-exhibition]. Moscow, November 13–14, 2012. Moscow, Moscow State University of Food Production, pp. 112–115.

**Krasinsky A.Ya.**, Dr. Sci. (Phys.&Math.), chief research fellow of the Research Methodology Department of Moscow State University of Food Production, professor of the Probability Theory Department at Moscow Aviation Institute. Research interests: analytical mechanics, nonlinear stability theory, the optimum stabilization of nonlinear systems with incomplete information. e-mail: krasinsk@mail.ru

**Krasinskaya E.M.**, Ph.D., assoc. professor of the Theoretical Mechanics Department at Bauman Moscow State Technical University. Research interests: analytical mechanics, nonlinear stability theory, Optimal stabilization of motion of mechanical systems.