

5. Demidovich B.P., Maron I.A., Shuvalova E.Z. *Chislennyye metody analiza. Priblizhenie funktsii, differentsial'nye i integral'nye uravneniya* [Numerical methods of analysis. Approximation of functions, differential and integral equations]. St. Petersburg, Lan' Publ., 2010, 400 p.
6. Ivanov S.E. Algoritmicheskaya realizatsiya metoda issledovaniya nelineinykh dinamicheskikh sistem [Algorithmic realization for research method of the nonlinear dynamic systems]. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2012, no. 4 (80), pp. 90–92.
7. Matrosov V.M., Rumyantsev V.V., Karapetyan A.V. *Nelineinaya mekhanika* [Nonlinear mechanics]. Moscow, FIZMATLIT Publ., 2001, 432 p.
8. Mel'nikov V.G., Mel'nikov G.I., Ivanov S.E. *Komp'yuternyye tekhnologii v mekhanike pribornykh sistem* [Computer technology in the mechanics of instrumental systems]. Ed. V.G. Mel'nikov. St. Petersburg, University ITMO Publ., 2006, 127 p.
9. Mel'nikov G.I. *Dinamika nelineinykh mekhanicheskikh i elektromekhanicheskikh sistem* [Dynamics of nonlinear mechanical and electromechanical systems]. Leningrad, Mashinostroeniye Publ., 1975, 198 p.
10. Ivanov S.E. Opredelenie ustanovivshikhsya rezhimov raboty vibrozashchitnoi sistemy s dvumya stepenyami svobody [Definition of the steady state vibration isolation systems with two degrees of freedom]. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2010, no. 4 (68), pp. 44–46.
11. Hasselblatt B., Katok A. *A First Course in Dynamics with a Panorama of Recent Developments*. Cambridge, Cambridge University Press, 2003, 424 p. (Russ. ed.: Katok A.B., Khasseblat B. *Vvedenie v teoriyu dinamicheskikh sistem s obzorom poslednikh dostizhenii*. Moscow, Moscow center for continuous mathematical education Publ., 2005, 464 p.)
12. Hamming R.W. *Numerical methods for scientists and engineers*. NY, Dover, 1986, 721 p.
13. Melnikov V.G. Energeticheskii metod parametriceskoi identifikatsii tenzorov inertsii tel [An energy method for parametrical identification of object inertia tensors]. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2010, no. 1 (65), pp. 59–63.
14. Melnikov V.G. Preobrazovanie dinamicheskikh mnogochlennykh sistem s primeneniem approksimatsii Chebysheva [Transformation of dynamic polynomial systems by chebyshev approximation]. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2012, no. 4 (80), pp. 85–89.
15. Melnikov V.G. Chebyshev economization in Poincare-Dulac transformations of nonlinear systems. *Nonlinear Analysis*, 2005, vol. 63, no. 5–7, pp. e1351–e1355.

- Иванов Сергей Евгеньевич** – кандидат физ.-мат. наук, доцент, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, Санкт-Петербург, Россия, sivanov@mail.ifmo.ru
- Мельников Геннадий Иванович** – доктор физ.-мат. наук, профессор, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, Санкт-Петербург, Россия, melnikov@mail.ifmo.ru
- Sergei Ivanov** PhD, Associate professor, Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Saint Petersburg, Russia, sivanov@mail.ifmo.ru
- Gennady Melnikov** D.Sc., Professor, Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Saint Petersburg, Russia, melnikov@mail.ifmo.ru

УДК 629.78

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ОСНОВНЫХ ПОНЯТИЙ В ОБЛАСТИ МЕХАТРОНИКИ

Е.В. Шалобаев^a, Р.-Т. Толочка^b

^a Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, Санкт-Петербург, Россия, shalobaev47@mail.ru

^b Каунасский технологический университет, Каунас, Литва, tadas.tolocka@ktu.lt.

Проанализировано современное состояние базовых терминов в области мехатроники, которое зафиксировано в документах комиссии по стандартизации и терминологии Международной федерации по теории машин и механизмов. Указаны новые термины, которые были введены в научный оборот с начала XXI века. К таким терминам относятся «мехатронизированный объект», «мехатронный класс», объединяющий «мехатронные» и «мехатронизированные» объекты. Дано понятие об «уровневом подходе» к мехатронике, который позволяет увязать между собой собственно мехатронику, микросистемную технику и наноиндустрию. Изложены некоторые соображения о применении термина «мехатронный комплекс», которые стали особенно актуальным в связи с появлением орбитальных группировок малых космических аппаратов.

Внесены коррективы по таким критериям оценки мехатронных объектов, как ремонтпригодность и долговечность, а также по использованию термина «мехатронные модули». Поставлены вопросы о расширении понимания мехатроники от компьютерного управления движением до управления состоянием объекта, о терминах «авионика» и «автоника», о взаимосвязи мехатроники и логистики, которую стали относить к предметной области мехатроники.

Ключевые слова: мехатроника, мехатронные комплексы, модули и узлы, орбитальная группировка, малые космические аппараты, ремонтпригодность, долговечность, уровневый подход, мехатронизированные объекты.

MODERN STATE AND DEVELOPMENT PROSPECTS OF THE BASIC CONCEPTS IN THE FIELD OF MECHATRONICS

E. Shalobaev^c, R.-T. Tolochka^d

^c Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Saint Petersburg, Russia, vshalobaev47@mail.ru

^d Kaunas University of Technology, Kaunas, Lithuania, tadas.tolocka@ktu.lt.

The paper deals with modern state analysis of the basic terms in the field of mechatronics documented by the Commission on standardization and terminology of the International Federation for the Theory of Machines and Mechanisms. New terms introduced into scientific circulation since the beginning of the 21st century are indicated. They are: “mechatronized object”, “mechatronic class”, combined “mechatronic” and “mechatronized” objects. The notion of “tiered approach” to mechatronics is given, which makes it possible to connect the mechatronics proper, micro-system technique and nanotechnologies. Some considerations on the use of “mechatronic complex” term are stated especially topical in the implementation process for the groups of small spacecrafts. That is why the term “mechatronic complex” is filled with real content. Such criteria, characteristic of mechatronic objects, as maintainability and durability are amended. Corrections to the “mechatronic modules” term application are proposed. The question is raised on the necessity to expand the mechatronics meaning from the movement computer management to object state control and to define such terms as “avionics” and “autonics”. Moreover, interconnection between mechatronics and logistics, which is now referred to the subject field of mechatronics, must be defined.

Keywords: mechatronics, mechatronic complexes, group, small spacecrafts, maintainability, durability, mechatronic modules and units.

Введение

Мехатроника, как и всякая наука, развивается, и со временем появляется необходимость вводить некоторые коррективы, учитывая современное развитие техники. В этом году исполняется 25 лет со дня издания на русском языке монографии японских ученых «Мехатроника» [1] – первого издания по данной тематике. Вполне понятно, что за это время произошли серьезные изменения в определении взаимосвязи мехатроники с рядом смежных научно-технических направлений, в установлении базовой терминологии, в наполнении предложенных терминов реальным содержанием, во введении в научный оборот новых терминов и понятий.

В своей книге [2], выдержавшей два издания, проф. Ю.В. Подураев высказал мнение, что «до сих пор мехатроника является уделом практиков», но «потребность в теоретическом инструментарии, который имеет эвристическую ценность и позволяет вести целенаправленный поиск новых мехатронных решений, сегодня весьма велика». Именно поэтому в этой же работе появились параграфы «Понятия о мехатронике» и «Определения и терминология мехатроники».

Таким образом, пришло понимание необходимости и даже потребности теоретического инструментария, что реализовалось в ряде работ, касающихся разных аспектов теоретических основ мехатроники [3–17]. Вместе с тем в вопросах терминологии необходимо четко определить взаимосвязь между мехатроникой и пограничными или смежными научно-техническими направлениями, такими как кибернетика, робототехника, микро- и наносистемная техника. Существуют проблемы в определении взаимосвязи между мехатроникой и авионикой, автоникой, логистикой. С другой стороны, введены в научный оборот и успешно используются в публикациях термины и понятия, которые необходимо зафиксировать в нормативной литературе по мехатронике. В настоящей статье авторами, членами технического комитета по стандартизации и терминологии Международной федерации по теории машин и механизмов (IFToMM), делается попытка ответа на указанные вопросы.

Связь мехатроники с другими научно-техническими направлениями

Покажем, как связана мехатроника с другими научно-техническими направлениями.

Взаимосвязь мехатроники и робототехники. «Колыбелью» мехатроники принято считать станкостроение [1, 3, 18], хотя с этим утверждением спорят специалисты из таких областей, как ракетно-космическая, военная техника и робототехника.

Например, известный специалист в области робототехники проф. А.С. Ющенко (МГТУ им. Н.Э. Баумана) [19] еще в 1990-е гг. в беседе с одним из авторов данной публикации утверждал, что «мехатронику придумали робототехники, чтобы не остаться без работы». Действительно, связь между этими научно-техническими направлениями стала проявляться в следующих фактах. В 1996 г. вышел первый сборник трудов «Робототехника и мехатроника» [20], который, хотя и не стал периодическим, но заложил основу для выхода в начале 2000 г. всероссийского журнала «Мехатроника». В марте того же года междисциплинарная специальность «Мехатроника» вошла, наряду с уже ставшей классической специальностью «Робототехника», в одно направление подготовки специалистов «Мехатроника и робототехника». Позднее официальную позицию о связи мехатроники и робототехники сформулировали патриарх отечественной робототехники проф. Е.И. Юревич и сменивший его на посту директора ЦНИИ робототехники и технической кибернетики (РТК) член-корр. РАН В.А. Лопота. В работах [21, 22] они указали, что мехатроника входит в родственное робототехнике научно-техническое направление и наиболее близка ей. При

этом они согласились с точкой зрения автора работы [18], что робототехника определена по функциональному назначению, а мехатроника – по физическому составу. Несмотря на такое начальное различие, ряд робототехнических систем можно отнести к полноценным мехатронным. С другой стороны, мехатронные системы в наиболее развитом виде реализуют робототехническую «триаду» сенсоры–контроллеры–актуаторы [19]. Из изложенного следует, что базовые принципы построения и методы проектирования мехатроники и робототехники имеют много общего. В первую очередь, это относится к системному подходу при проектировании и блочно-модульному принципу построения.

Претензии на первородство представителей ракетно-космической отрасли подтверждаются тем, что еще в 1960-х гг. академики РАН А.Ю. Ишлинский и Д.Е. Охочимский создали первые отечественные мехатронные системы инерциального управления баллистической ракетой и управления входом космической ракеты в плотные слои атмосферы [23, 24]. В более традиционной военной технике также имеются публикации в области мехатроники, например, работы проф. Ю.М. Сазыкина [25] и его последователей.

Взаимосвязь мехатроники и кибернетики. В работе [5] сделан вывод о том, что мехатроника сложилась как парадигма технической кибернетики. По своему характеру работа относится к фундаментальным трудам, определяющим теоретическую базу мехатроники [8, 9, 11].

Аргументация авторов следующая. «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». Именно данная особенность развития метанаук явилась ключевой метафорой генезиса мехатроники: период зарождения мехатроники – закат кибернетики и рассвет информатики. Среди определений мехатроники есть и такое – «наука о компьютерном управлении в технических системах». В этом контексте 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. техническая кибернетика претерпевает период компьютеризации, связанный с изобретением микропроцессорных технологий, и становится основой широкомасштабной 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 (техническая информатика), второе – для управления (мехатроника).

Кибернетика стала материнской наукой для информатики и прародительницей мехатроники. Мехатроника придала «второе дыхание» оказавшейся почти бездыханной кибернетике, обеспечив ее «второе пришествие». В аннотации к первой монографии по мехатронике [1] прямо указано, что «она посвящена актуальной проблеме построения сложных автоматических систем», что по смыслу совпадает с классическим определением кибернетики, данным А.И. Бергом [26]: «Кибернетика – наука об управлении сложными динамическими системами». К сожалению, в рассматриваемой статье не приводятся работы, где высказываются мнения, что мехатронике «еще предстоит сформироваться как самостоятельной науке, предстоит обрести обязательные атрибуты новой науки».

В работе [5] ее авторы утверждают, что мехатроника уже 20 лет назад приобрела статус самостоятельной фундаментальной технической науки, и в подтверждение этого тезиса ссылаются на свои работы [27, 28]. Сюда с полным основанием можно отнести и работы [2–26].

Мехатроника естественным образом отражает целостное восприятие информационных, вычислительных и управляющих процессов, выраженное известным шведским специалистом в области компьютерного управления техническими системами К. Острёмом следующей афористичной формулой [29]:

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

В подтверждение своей идеи авторы приводят такой факт: еще в 1954 г. Н. Винер дал удивительно точный прогноз именно мехатронной парадигмы развития технической кибернетики, подчеркивая, что ЭВМ будут активно использоваться для непосредственного управления исполнительными механизмами.

В работе [5] резюмируется, что информатика и мехатроника проходят этап своего тридцатилетнего становления и рассматриваются как перспективные «точки роста» науки и техники всего XXI века, что в полной мере отражает позицию такого авторитетного периодического издания в области мехатроники, как журнал «Мехатроника, автоматизация, управление».

Взаимосвязь мехатроники с микро- и наносистемной техникой. В настоящее время возникла насущная потребность остановиться на процессе признания уровневого характера мехатроники в целом, что определяется масштабом рассматриваемых объектов. Такой характер или подход заключается в том,

что существуют макро-, микро- и наноуровни [18, 30, 31]. И если границу между макро- и микромиром представить достаточно просто – она определяется возможностями человеческого зрения, то граница между микро- и наномиром не так однозначна. Существует много мнений, которые можно свести в две группы. Первая группа определяет эту границу численно – наиболее часто встречается цифра 100 нм. Авторы разделяют мнение о том, что граница микро- и наномира определяется качественно – при нарушении «сплошности» материала, т.е. при переходе к рассмотрению групп молекул, отдельных молекул и атомов. При этом надо помнить, что размер некоторых молекул (особенно органических) может достигать долей миллиметров и даже единиц миллиметров.

Один из авторов данной публикации уже в начале 2000-х г.г. в работах [18, 30] обратил внимание на то, что мехатроника к тому времени уже имела два уровня – макро- и микро-. К первому уровню относились собственно объекты мехатроники, такие как станочные приводы, бытовая и офисная техника; ко второму уровню – объекты микросистемной техники, в частности, микроэлектромеханические системы (МЭМС), микрооптоэлектромеханические системы (МОЭМС) и т.п. Таким образом, в работах [18, 30] были заложены основы уровневого подхода, который был расширен и узаконен в международном трансляторе по ТММ [31] (разрабатывался в 2002 г. [32, 33]), где закреплены понятия «мехатроника», «микро-мехатроника» (подобласть мехатроники, относящаяся к устройствам и системам с размерами в несколько миллиметров и меньше, т.е. синоним термина «микросистемная техника») и «наномехатроника» (подобласть мехатроники, относящаяся к устройствам и системам с размерами, соизмеримыми с молекулами, т.е. синоним термина «наносистемная техника»). Такой подход нашел положительный отклик у ряда отечественных ученых, которые стали использовать термины «микромехатроника» и «наномехатроника», например, в работах [7, 18, 27, 30, 31, 34].

Особо необходимо отметить, что существуют отечественные журналы «Мехатроника. Автоматизация. Управление» (первоначально «Мехатроника»), «Нано- и микросистемная техника» (первоначально «Микросистемная техника»), которые выпускаются издательством «Новые технологии», созданным на базе столичного издательства «Машиностроение». Это издательство также приняло подобный уровневый подход. И это видно не только по названию. В первом журнале печатаются статьи по микро- и наносистемной технике, а во втором – по мехатронике. Так что проблема отсутствия связи между уровнями мехатроники постепенно решается, хотя и не так быстро, как хотелось бы [5].

Кстати, уровневый подход вводится не только в мехатронике, но и в других научно-технических направлениях, например, в трибологии [35–40], где появились такие термины, как микро- и нанотрибология. В зависимости от масштаба, на котором изучается трение, в современной трибологии принято выделять три раздела: макротрибологию (или просто трибологию), микротрибологию и нанотрибологию. Макротрибология имеет дело с большими объектами и не рассматривает особенностей строения вещества. Основным соотношением макротрибологии является закон Амонтона–Кулона, который пропорционально связывает силу трения и нормальную реакцию. С другой стороны, нанотрибология в соответствии со своей предметной областью имеет дело с взаимодействием отдельных атомов и молекул или их групп.

Микротрибология является переходным разделом трибологии и занимается исследованием реальных, но элементарных контактов, например, в МЭМС [41]. Как правило, подразумевается, что небольшой выступ взаимодействует с некоторой поверхностью. В данном случае аналогом закона Амонтона–Кулона является формула Баудена–Табора.

Необходимо зафиксировать такой уровневый подход и к мехатронике, учитывая масштабный фактор. Иначе говоря, мехатроника относится к макромиру, микромехатроника – к микромиру, наномехатроника – к наномиру [7, 12, 16, 18, 27, 30, 31]. Требуется установить взаимосвязь между микро- и наносистемной техникой и мехатроникой, поскольку в отечественных журналах «Мехатроника, автоматизация, управление» и «Нано- и микросистемная техника» взаимосвязи между их предметными областями не оговариваются. В работах одного из авторов данной публикации [18, 30] такой уровневый подход к мехатронике был предложен, что нашло фактическое отражение в рассматриваемом международном трансляторе, но формально зафиксировано не было и требует такого закрепления. Также необходимо закрепление тождества терминов «микросистемная техника» и «микромехатроника» [30].

Введение в научный оборот новых терминов в мехатронике

Необходимо коснуться ряда основополагающих вопросов терминологии в мехатронике, которые в той или иной мере отражались в работах [1, 7–18, 27, 28, 30–35].

Наполнение термина «мехатронные комплексы» реальным содержанием. Коснемся следующих вопросов терминологии. В работах одного из авторов данной публикации [42, 43] и в ряде других работ [44–48] использовался термин «мехатронные комплексы». В первой работе речь шла чисто теоретически о наличии такого перспективного уровня мехатронных объектов (имелась в виду мехатронная распределенная система с отсутствием единого корпуса или оболочки), а в остальных работах название применено без четкого определения такого термина.

К настоящему времени развитие космической техники, а также миниатюризация объектов привели к реализации идеи орбитальных группировок космических аппаратов (КА). Появилась возможность нового подхода к проведению космических полетов и исследований. В частности, реализуется идея создания нового класса космических систем (КС), возникающих вследствие снижения массы КА как системообразующего элемента этих систем. Упомянутые выше КС представляют собой орбитальные группировки малых космических аппаратов (ОГ МКА), объединенных одной целевой задачей и выполняющих совместный полет на небольшом удалении друг от друга (от десятков метров до десятков километров), взаимное положение и движение которых контролируется и управляется [49, 50].

В ОГ МКА реализован принцип декомпозиции для получения качественного эффекта, который заключается в снижении общей массы. Необходимо отметить, что прямое, уменьшающее габариты масштабирование [51, 52] лишь увеличивает трудоемкость изготовления, например, малогабаритных приводов или реактивных двигателей, при очевидном снижении только затрат на материалы. Однако, применяя современные достижения в микроэлектронике, нанотехнологии, материаловедении и нетрадиционные подходы к конструированию (например, мехатронные), удастся создать качественно новые спутники, значительно отличающиеся в меньшую сторону по массе и размерам от традиционных аппаратов [18, 51, 52].

Отличительной особенностью ОГ из сверхмалых КА является большое число аппаратов в ее составе, структура ОГ может быть сложной. Например, главная ОГ может состоять из нескольких подчиненных ОГ, выполняющих частные подзадачи и содержащие КА разного типа и назначения. Иначе говоря, на каждом МКА, входящем в орбитальную группировку, может быть размещена полностью или частично сенсорная, управляющая и исполнительная, а также энергетическая подсистемы общей КС. Такая ОГ МКА или просто КС представляет собой высший уровень мехатронных объектов – мехатронный комплекс (т.е. распределенную мехатронную систему) [17]. И, естественно, при таком подходе к созданию КС кардинально меняются подходы к созданию систем управления, к созданию самих КА, к целевому применению КС в целом. Подробности такого подхода изложены в цикле работ [49–57].

Таким образом, снижение массы КА на порядки дало увеличение на порядки и численности ОГ, что, в свою очередь, привело к появлению нового класса КС. Иначе говоря, реализован закон перехода количества в качество – известный закон диалектики. Миниатюризация в этом случае входит в арсенал разработчиков новых КС. Такое направление использования малых спутников особенно важно для России, ибо космическая отрасль, будучи областью приложения высоких технологий из многих отраслей науки и техники, может и должна служить одним из локомотивов инновационного развития России, о чем сейчас так часто говорят с высоких трибун (хотя в начале 1990-х г.г. с тех же трибун раздавались предложения о ликвидации этой отрасли как таковой). К счастью для страны, развитие ее лишь затормозилось, хотя и значительно. А в последнее время число техногенных катастроф с ракетами-носителями МКА существенно возросло и наносит ощутимый вред как экономике, так и престижу страны [58].

Можно констатировать, что современная космическая техника выходит на первое место в плане наполнения реальным содержанием термина «мехатронные комплексы» [17]. Его можно найти и в других отраслях промышленности, например, в измерительной технике (системы климат-контроля [59]), в медицинской технике (сканирующие лазерные терапевтические установки [60]), в станкостроении (непоточные технологические линии [47]), в авиационной технике (беспилотные летательные аппараты с пультами управления [52]), в военной технике (управляемые снаряды [25]).

Введение в научный оборот термина «мехатронизированный объект». Термин «мехатронизированный» объект, появившийся в отечественной технической литературе в работах [10, 30, 33], за последние годы так прочно вошел в фундаментальные понятия мехатроники, что используется как общепризнанный в работах [2, 61–68]. Термин «мехатронизированный объект» позволяет применять мехатронные методы, принципы и подходы к объектам, не полностью отвечающим канонам мехатроники. В связи с появлением указанного термина появилось предложение о создании класса мехатронных машин [62–66], включающих в себя и мехатронизированные. Вопрос требует фиксации в документах типа MMS-Terms-2003 [31].

Коррекция использования термина «мехатронный модуль». Широкое использование термина «мехатронный модуль», который весьма популярен в научной литературе (см., например, [67, 68]), не совсем корректно. Дело в том, что модуль, согласно определению, – унифицированный узел [42], а мехатронный объект в настоящее время в основном предполагает эксклюзивный, креативный характер. В этой связи логичнее использовать термин «мехатронный узел». Из вышеизложенного логично вытекает, что для мехатронных объектов одним из характерных признаков является отсутствие ремонтпригодности, а долговечность носит ресурсный характер [69]. При этом для производства мехатронных объектов используют следующие типы производств: непоточное [47], индивидуальное или мелкосерийное [18].

Взаимосвязь мехатроники с авионикой, автотехникой, логистикой. В связи с широким внедрением мехатронных технологий в авиа- и автомобилестроении необходимо более четко установить взаимосвязь мехатроники с авионикой [18, 43, 52, 70] и автотехникой [6, 18, 71, 72].

Термин «авионика» появился на Западе в начале 1970-х гг., когда электронная техника достигла такого уровня развития, что стало возможно применять электронные устройства в бортовых авиационных системах и за счет этого существенно улучшать качественные показатели применения авиации. В том числе, в этот период времени появились первые бортовые электронные вычислители (компьютеры), а также принципиально новые автоматизированные и автоматические системы управления и контроля [43]. В энциклопедии [70] авионика трактуется как приборная часть летательного аппарата.

Широкое внедрение электроники привело к возникновению такой области техники, как автомобильная электроника. В иностранной литературе в качестве синонима автомобильной электроники используются также термины «мехатроника» и «электроника» или «автоника» (объединение слов «автомобильная электроника»). Понятие «автомобильная электроника» широко распространено в современной технической литературе [71, 72], но его общепринятое определение отсутствует. Авторы предлагают трактовать эти понятия как мехатронику в авиационной и автомобильной технике.

Логистика – управление потоками движения товаров, а также диспетчирование – управление группами объектов, имеют некоторую взаимосвязь с мехатроникой, которую необходимо вскрыть более подробно.

Отдельные замечания. К проблемам терминологии в области мехатроники можно отнести и следующий факт. В некоторых научных журналах имеются разделы под названиями «мехатронные системы», однако в них печатаются статьи, в которых термин «мехатроника» не упоминается, таким образом, авторы априори считают исследуемые системы мехатронными (например, [73]).

В работе [2] отмечено, что даже после того, как ИFToMM в лице своего комитета по стандартизации терминологии приняла ряд базовых терминов в области мехатроники [16, 31] некоторые ученые продолжают считать, что мехатроника – просто «хорошее проектирование» или даже «это то, что мы уже давно делаем, не давая нового имени».

Заключение

Из вышеизложенного следует, что:

- завершается процесс создания базовой терминологии в области мехатроники (о чем свидетельствуют работы [1–18, 21–23, 27, 28, 30–35, 42, 43, 62–65]);
- установлена взаимосвязь мехатроники с робототехникой и кибернетикой [5, 14, 16, 18–22];
- успешно идет процесс признания уровневого характера мехатроники (т.е. взаимосвязи мехатроники с микро- и наносистемной техникой) [7, 18, 27, 30, 31, 34];
- наполняется реальным содержанием термин «мехатронные комплексы» [17];
- получил признание введенный в научный оборот термин «мехатронизированный объект», позволяющий применять мехатронные методы, принципы и подходы проектирования к объектам, не полностью отвечающим канонам мехатроники [2, 16, 30, 42, 43, 61–66].

Перечислим тезисно ряд положений, которые нуждаются в уточнении для более успешного развития мехатроники:

- необходимо расширить понимание мехатроники от компьютерного управления движением до управления физическим состоянием объекта [5, 74, 75];
- следует добиться того, чтобы все определения отвечали основным критериям научно-технических терминов (однозначность, точность, четкость, краткость) [3, 5];
- следует сформировать отношение к введенному в научный оборот термину «мехатронный класс», включающему в себя мехатронные и мехатронизированные объекты [61–63];
- важно определить взаимосвязь мехатроники и логистики (т.е. управления потоками движения товаров, а также диспетчирования – управления группами объектов);
- необходимо определить такое понятие, как электромехатроника [76].

Изложенные в публикации некоторые предложения по корректировке понятий являются необходимым этапом развития мехатроники.

Авторы рассматривают данную публикацию в качестве апробации своих предложений, которые выносятся на рассмотрении 25-го рабочего заседания комиссии по стандартизации и терминологии ИFToMM, которое планируется провести на базе НИУ ИТМО в июне 2014 г.

References

1. Isii T., Simoyama I., Inoue Kh., Nakadzima N. *Mekhatronika* [Mechatronics]. Translation from Japanese S.L. Maslennikov. Ed. V.V. Vasil'kov. Moscow, Mir Publ., 1988, 318 p.
2. Poduraev Yu.V. *Mekhatronika: osnovy, metody, primeneniye* [Mechatronics: principles, methods, application]. 2nd ed. Moscow, Mashinostroenie Publ., 2007, 256 p.

3. Filimonov N.B. Evolyutsiya mekhatroniki [The evolution of mechatronics]. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Vychislitel'naya tekhnika. Informatsionnye tekhnologii. Sistemy upravleniya*, 2006, vol. 2, no. 3, pp. 277–281.
4. Poduraev Yu.V. Aktual'nye problemy mekhatroniki [Actual problems of mechatronics]. *Mekhatronika, avtomatizatsiya, upravlenie*, 2007, no. 4, pp. 50–54.
5. Teryaev E.D., Filimonov N.B., Petrin K.V. Mekhatronika kak komp'yuternaya paradigma razvitiya tekhnicheskoi kibernetiki [Mechatronics as computer paradigm of development of technical Cybernetics]. *Mekhatronika, avtomatizatsiya, upravlenie*, 2009, no. 6, pp. 2–10.
6. Alekseev O.P., Alekseev V.O., Logachov E.P., Turenko A.I. Telematika, mekhatronika i sinergetika na avtomobil'nom transporte [Telematics, mechatronics and synergetics on motor transport]. *Avtomobil'nyi transport* (Kharkov National Automobile and Highway University), 2009, no. 25, pp. 266–269. (In Ukr.)
7. Teryaev E.D., Filimonov N.B. Nanomekhatronika: sostoyanie, problemy, perspektivy [Nanomechatronics: state, problems, prospects]. *Mekhatronika, avtomatizatsiya, upravlenie*, 2010, no. 1, pp. 2–14.
8. Osipov Yu.M. K voprosu o razvitii ponyatiya “mekhatronika” [To the question on the development of “mechatronics” concept]. *Doklady Tomskogo gosudarstvennogo universiteta sistem upravleniya i radioelektroniki*, 2010, no. 1 (21), ch. 2, pp. 193–198.
9. Korikov A.M. O razvitii ponyatiya “mekhatronika” [To the development of the “mechatronics” concept]. *Doklady Tomskogo gosudarstvennogo universiteta sistem upravleniya i radioelektroniki*, 2010, no.1 (21), ch. 2, pp. 199–202.
10. Shalobaev E.V. Mekhatronics: Today Problems and Development trends of Terminology. *Proc. 23rd Working Meeting of the IFToMM Permanent Commission for Standardization of Terminology on MMS*. Minsk–Gomel, Belarus, 2010, pp. 111–118.
11. Korikov A.M. Eshche raz o mekhatronike kak nauke [Once again about mechatronics as a science]. *Mekhatronika, avtomatizatsiya, upravlenie*, 2011, no. 5, pp. 2–8.
12. Tolochka R.-T., Shalobaev E.V. Terminologiya v oblasti mekhatroniki [Terminology in the field of mechatronics]. *Materialy Desyatoy sessii Mezhdunarodnoi nauchnoi shkoly “Fundamental'nye i prikladnye problemy nadezhnosti i diagnostiki mashin i mekhanizmov” (BVP-2011)* [Proc. of the Tenth session of International scientific school “Fundamental and applied problems of reliability and diagnostics of machines and mechanisms” (BVP-2011)]. St. Petersburg, Institute of Problems of Mechanical Engineering of Russian Academy of Sciences, 2011, pp. 38–44. (In Russ.)
13. Sergeev S.F. Mekhatronika kak konvergentnaya nauchno-prakticheskaya distsiplina [Mechatronics as convergent scientific and practical discipline]. *Mekhatronika, avtomatizatsiya, upravlenie*, 2012, no. 1, pp. 2–6.
14. Shalobaev E.V., Tolochka R.-T. K voprosu o terminologii v oblasti mekhatroniki [Brief reports on the terminology issues in the field of mechatronics]. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2012, no. 5 (81), pp. 148–151.
15. Osipov Yu.M., Shcherbinin S.V. O mekhatronike kak nauchnoi osnove sozdaniya vysokotekhnologichnoi produktsii [Of mechatronics as a scientific basis of creation of high-tech products]. *Mekhatronika, avtomatizatsiya, upravlenie*, 2012, no. 8, pp. 2–6.
16. Shalobaev E.V., Tolochka R.-T. O rekomendatsiyakh IFToMM po terminologii v oblasti mekhatroniki [About the recommendations of the IFToMM terminology in the field of mechatronics]. *Mekhatronika, avtomatizatsiya, upravlenie*, 2013, no. 2, pp. 2–5.
17. Shalobaev E.V. Voprosy terminologii i miniaturizatsii kosmicheskikh apparatov [Issues of terminology and miniaturization spacecraft]. *Mekhatronika, avtomatizatsiya, upravlenie*, 2013, no. 10, pp. 60–66.
18. Shalobaev E.V. Mikrosistemnaya tekhnika i mekhatronika: osobennosti sootnosheniya mikro- i makrourovnei [Microsystem engineering and mechatronics: peculiarities with respect to micro- and macrolevels]. *Mikrosistemnaya tekhnika*, 2000, no. 4, pp. 5–9.
19. Zenkevich S.L., Yushchenko A.S. *Osnovy upravleniya manipulyatsionnymi robotami* [Fundamentals of robotic manipulator control]. 2nd ed. Moscow, Bauman Moscow State Technical University Publ., 2004, 480 p.
20. *Robototekhnika i mekhatronika* [Robotics and mechatronics]. Ed. A.M. Potapov. Moscow–St. Petersburg, Baltic State Technical University Publ., 1996, 235 p.
21. Yurevich E.I., Ignatova E.I. Osnovnye printsipy mekhatroniki [The basic principles of mechatronics]. *Mekhatronika, avtomatizatsiya, upravlenie*, 2006, no. 3, pp. 10–12.
22. Lopota V.A., Yurevich E.I. Ekstremal'naya robototekhnika i mekhatronika. Printsipy i perspektivy razvitiya [Extreme robotics and mechatronics. The principles and prospects]. *Mekhatronika, avtomatizatsiya, upravlenie*, 2007, no.4, pp. 37–42.
23. Aleksandrov V.V. Neskol'ko slov o mekhatronike [A few words about the mechatronics]. *Mekhatronika*, 2000, no. 1, p. 4.
24. Eneev T.M., Ovchinnikov M.Yu., Golikov A.R. *Prikladnaya nebesnaya mekhanika i upravlenie dvizheniem. Sbornik statei, posvyashchennyi 90-letiyu so dnya rozhdeniya D.E. Okhotsimskogo* [Applied celestial mechanics and motion control. The collection of articles devoted to the 90th birth anniversary of D.E. Okhotsimskii]. Moscow, Keldysh Institute of Applied Mathematics of Russian Academy of Sciences Publ., 2010, 368 p.
25. Sazykin Yu.M., Filippov S.I. Mekhatronnye sistemy upravleniya ognem i navedeniem ognevykh sredstv artillerii [Mechatronic systems of fire control and aiming the weapons fire artillery]. *Mekhatronika, avtomatizatsiya, upravlenie*, 2009, no. 4, pp. 52–57.
26. *Kibernetika, myshlenie, zhizn'* [Cybernetics, thinking, life]. Eds A.I. Berg, B.V. Biryukov, I.B. Novik, I.V. Kuznetsov, A. G. Spirkin. Moscow, Mysl' Publ., 1964, 511 p.
27. Teryaev E.D., Filimonov N.B., Petrin K.V. Sovremennyy etap razvitiya mekhatroniki i gryadushchaya konvergentsiya s nanotekhnologiyami [Modern stage of development of mechatronics and the forthcoming convergence with nanotechnology]. *Materialy 5 Nauchno-tekhnicheskoi konferentsii “Mekhatronika, avtomatizatsiya, upravlenie”* [Proc. of 5th Scientific and technical conference “Mechatronics, automation, control”]. St. Petersburg, Elektropribor Publ., 2008, pp. 9–20. (In Russ.)
28. Teryaev E.D., Petrin K.V., Filimonov N.B. Ot kibernetiki k informatike i mekhatronike: evolyutsiya sovremennykh predstavlenii [From Cybernetics to Informatics and mechatronics: the evolution of modern views]. *Trudy X Mezhdunarodnoi konferentsii “Problemy upravleniya i modelirovaniya v slozhnykh sistemakh”* [Proc. of the X International conference

- “Problems of control and modeling in complex systems”]. Samara, Samara Scientific Center of Russian Academy of Sciences, 2008, pp. 22–25. (In Russ.)
29. Åström K.J. *Introduction to Stochastic Control Theory*. NY, Academic Press, 1970, 299 p. (Russ. ed.: Ostrem K. *Vvedenie v stokhasticheskuyu teoriyu upravleniya*. Moscow, Mir Publ., 1973, 324 p.)
 30. Shalobaev E.V. Teoreticheskie i prakticheskie problemy razvitiya mekhatroniki [Theoretical and practical problems of mechatronics]. *Sovremennye tekhnologii* [Modern technologies]. Ed. S.A. Kozlov. St. Petersburg, University ITMO Publ., 2001, pp. 46–66.
 31. *Delft University of Technology (Netherlands). Standardization of terminology for the mechanism and machine science (MMS-Terms-2003)*. Available at: <http://www.iftomm.3me.tudelft.nl/1049/frames.html> (accessed 25.11.2013).
 32. Arshanskii M.M., Shalobaev E.V. Mekhatronika: osnovy glossariya [Mechatronics: fundamentals Glossary]. *Mekhatronika*, 2001, no. 4, pp.47-48.
 33. Shalobaev E.V. K voprosu o mezhdunarodnom translyatore po mekhatronike [To the question of international translator in mechatronics]. *Mekhatronika*, 2002, no. 2, pp. 13–14.
 34. Lopota V.A., Yurevich E.I. Mekhatronika – osnova intellektual'noi tekhniki budushchego [Mechatronics - the basis of intellectual technologies of the future]. *Mikrosistemnaya tekhnika*, 2003, no. 1, pp. 36–38.
 35. Shalobaev E.V. Problemy i tendentsii razvitiya terminologii v sovremennykh usloviyakh [Problems and tendencies of development of terminology in modern conditions]. *Datchiki i sistemy – Sensors and systems*, 2004, no. 4, pp. 29–32.
 36. Scherge M., Gorb S. *Biological micro- and nanotribology: Nature's solutions*. Berlin–Heidelberg, Springer-Verlag, 2001, 304 p.
 37. Shil'ko S.V., Starzhinskii V.E., Babin A.P., Zernin M.V., Shalobaev E.V. Osobennosti rascheta sopryazhenii komponentov MEMS [Features of the calculation mates MEMS components]. *Mikrosistemnaya tekhnika*, 2003, no. 6, pp. 16–20.
 38. Shalobaev E.V. Mikrosistemnaya tekhnika i tendentsii razvitiya sovremennoi tribologii [Microsystem engineering and development tendencies of the modern tribology]. *Mikrosistemnaya tekhnika*, 2003, no. 9, pp. 26–27.
 39. Shalobaev E.V., Starzhinskii V.E., Shil'ko S.V. Tendentsii razvitiya sovremennoi tribologii na mikro- i nanourovnyakh [Trends of development of modern tribology at the micro- and nanolevels]. *Trudy Mezhdunarodnogo simpoziuma "Gidrodinamicheskaya teoriya smazki"* [Proc. of the International Symposium “Hydrodynamic theory of lubrication”]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 2005, vol. 2, pp. 289–295. (In Russ.)
 40. Myshkin N.K., Petrokovets M.I. *Trenie, smazka, iznos* [Friction, lubrication, wear]. Moscow, FIZMATLIT Publ., 2007, 368 p.
 41. Shil'ko S.V., Starzhinskii V.E., Babin A.P., Zernin M.V., Shalobaev E.V. Osobennosti rascheta sopryazhenii komponentov MEMS [Features of the calculation mates MEMS components]. *Mikrosistemnaya tekhnika*, 2003, no. 6, pp. 16–20.
 42. Shalobaev E.V. K voprosu ob opredelenii mekhatroniki i ierarkhii mekhatronnykh ob"ektov [To the question of the definition of mechatronics and hierarchy of mechatronic objects]. *Datchiki i sistemy – Sensors and systems*, 2001, no. 7, pp. 62–64.
 43. Shalobaev E.V. Teoreticheskie i prakticheskie problemy razvitiya avioniki i mekhatroniki [Theoretical and practical problems of development of avionics and mechatronics]. *Problemy intellektual'nogo upravleniya v avionike* [Problems of intellectual management in avionics]. St. Petersburg, University ITMO Publ., 2005, pp. 12–43.
 44. *Upravlenie mekhatronnymi vibratsionnymi ustanovkami* [Control for mechatronic vibration settings]. Eds I.I. Blekhan, A.L. Fradkov. St. Petersburg, Nauka Publ., 2001, 278 p.
 45. Parshin D.Ya. *Analiz i sintez robototekhnicheskikh i mekhatronnykh kompleksov dlya krupnopanel'nogo i monolitnogo stroitel'stva*. Diss. dokt. tekhn. nauk [Analysis and synthesis of robotics and mechatronic systems for large-panel and monolithic construction. Dr. eng. sci. diss.]. Novocherkassk, 2006, 328 p.
 46. Shakhnin V.A. *Mekhatronnye komplekсы magnitnoi lokatsii tekhnicheskikh ob"ektov s elementami iz nanokristallicheskikh magnitomyagkikh splavov*. Diss. dokt. tekhn. nauk [Mechatronics complexes magnetic location of technical objects with elements of soft magnetic nanocrystalline alloys. Dr. eng. sci. diss.]. Vladimir, 2009, 365 p.
 47. Belonovskaya I.D., Tsvetkova K.E., Osadchiy Yu.S. K voprosu vybora tekhnologicheskogo oborudovaniya nepotochnogo proizvodstva [To the question of choice the technological equipment at not-line manufacture]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk*, 2011, vol. 13, no. 1 (3), pp. 521–524.
 48. Bobtsov A.A., Borgul' A.S., Zimenko K.A., Margun A.A. Primenenie mekhatronnykh kompleksov v obuchenii avtomatizatsii i robototekhnike [Application of mechatronics complexes in training, automation and robotics]. *Distantsionnoe i virtual'noe obuchenie*, 2013, no. 2, pp. 22–30.
 49. Fateev V.F. Kontseptsiya sozdaniya orbital'nykh gruppirovok sverkhmalykh kosmicheskikh apparatov v interesakh informatsionnogo obespecheniya severnykh territorii Rossii [The concept of creation of orbital groupings supersmall spacecraft in the interests of the dataware of the Northern territories of Russia]. *Izv. vuzov. Priborostroenie*, 2004, vol. 47, no. 3, pp. 5–9.
 50. Smirnov G.V., Ovchinnikov M.Ya., Guerman A. Use of solar radiation pressure to maintain a spatial satellite formation. *Acta Astronautica*, 2007, vol. 61, no. 7–8, pp. 724–728.
 51. Ovchinnikov M.Yu. *Malyshi zavoeyvayut mir* [Tiny tots conquer the world]. Available at: http://ru.wikipedia.org/wiki/%CC%E0%EB%FB%E5_%F1%EF%F3%F2%ED%E8%EA%E8 (accessed 25.11.2013).
 52. Raspopov V.Ya. *Mikrosistemnaya avionika* [Microsystem avionics]. Tula, Grif i K° Publ., 2010, 248 p.
 53. Ovchinnikov M.Yu. Malye mira sego [Smallest of the world]. *Komp'yuterra*, 2007, no. 15, pp. 37–43.
 54. Troshin E.V. O probleme klassifikatsii kosmicheskikh apparatov, porozhdennoi miniaturizatsiei [About the problem of classification of space vehicles, the caused miniaturization]. *Nano- i mikrosistemnaya tekhnika*, 2005, no. 1, pp. 45–48.
 55. *Malye sputniki* [Small satellite]. Wikipedia. Available at: http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%BB%D1%8B%D0%B5_%D1%81%D0%BF%D1%83%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8 (accessed 25.11.2013).
 56. Ardashov A.A. Osnovnye tendentsii v konstruirovanii MKA [The main trends in the construction of the small satellites]. *Izv. vuzov. Priborostroenie*, 2004, vol. 47, no. 3, pp. 9–15.

57. Fateev V.F., Shutov V.S., Kremez G.V. Mezhuniversitetskaya programma razvitiya tekhnologii na osnove malykh i sverkhmalykh KA [Cross-University program of development of technology-based small and midget satellites]. *Izv. vuzov. Priborostroenie*, 2004, vol. 47, no. 3, pp. 15–17.
58. Krylov A. Orbital'naya gruppirovka kosmicheskikh apparatov grazhdanskogo i dvoynogo naznacheniya Rossii za pervye 10 let XXI veka [The orbital space vehicles for civil and dual-purpose goods to Russia for the first 10 years of the XXI century]. *Tekhnologii i sredstva svyazi*, 2011, no. 4, pp. 58–59.
59. Petrov S.Yu., Shalobaev E.V. Universal'nye registriruyushchie i pokazivayushchie pribory kak element ierarkhii mekhatronnykh ob'ektov [Universal registration and indicating devices as a member of the hierarchy of mechatronic objects]. *Mekhatronika*, 2001, no. 5, pp. 29–34.
60. Shalobaev E.V., Yurkova G.N., Efimenko V.T., Efimenko A.V., Leont'eva N.V. Skaniruyushchie lazernye ustanovki v meditsine [Scanning laser installation in medicine]. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2001, no. 4, pp. 147–150.
61. Poduraev Yu.V. Analiz i proektirovanie mekhatronnykh sistem na osnove kriteriya funktsional'no-strukturnoi integratsii. Ch. I. Funktsional'no-strukturnyi podkhod k proektirovaniyu mekhatronnykh sistem [Analysis and design of mechatronic systems on the basis of the criterion of the functional and structural integration. Ch.I. Functional-structural approach to designing of mechatronic systems]. *Mekhatronika*, 2002, no. 4, pp. 28–34.
62. Gorbatov P.A., Petrushkin G.V., Lysenko N.M., Pavlenko S.V., Kosarev V.V. *Gornye mashiny dlya podzemnoi dobychi uglya* [Mining machines for underground coal recovery]. Donetsk, Donetsk National Technical University Publ., 2006, 669 p.
63. Gorbatov P.A. Parallelnoe proektirovanie vyemochnykh mashin mekhatronnogo klassa kak energeticheskikh, dinamicheskikh i avtomatizirovannykh sistem [Design-withdraw machines of mechatronic class as energy, dynamic and automated systems]. *Naukovi pratsi DonNTU. Ser. Girnicho-elektromekhanichna*, 2010, no. 18 (172), pp. 13–25. (In Ukr.)
64. Gorbatov P.A., Lysenko N.M., Podobedov N.I. Matematicheskaya i strukturnaya modeli dlya optimal'nogo proektirovaniya podsistem podveski i peremeshcheniya ispolnitel'nogo organa prokhodcheskikh kombainov mekhatronnogo klassa [Mathematical and structural model for optimum design of subsystems suspension and movements of the executive body heading machines mechatronic class]. *Gornoe oborudovanie i elektromekhanika*, 2010, no. 7, pp. 9–15.
65. Gorbatov P.A. Osobennosti parallelnogo proektirovaniya gornyykh vyemochnykh mashin novyykh pokolenii kak energeticheskikh sistem mekhatronnogo klassa [Features of parallel designing of new generations mining withdraw machines as energy systems of mechatronic class]. *Gornoe oborudovanie i elektromekhanika*, 2010, no. 10, pp. 39–42.
66. Krasnov S.V., Guryanov D.A., Krasnov S.S. Intellectual'noe upravlenie v mekhatronnykh sistemakh [Intelligent control in mechatronic systems]. *Vestnik Volzhskogo universiteta im. V.V. Tatishcheva*, 2011, no. 17, pp. 100–104.
67. Kazmirenko V.F. *Elektrogidravlicheskie mekhatronnye moduli dvizheniya: Osnovy teorii i sistemnoe proektirovanie* [Electrohydraulic mechatronic modules movement: Fundamentals of the theory and system design]. Moscow, Radio i svyaz' Publ., 2001, 432 p.
68. Egorov O.D., Poduraev Yu.V. *Konstruirovaniye mekhatronnykh modulei* [Designing of mechatronic modules]. Moscow, Moscow State University of Technology "STANKIN" Publ., 2004, 360 p.
69. Kozyrev Yu.G. Promyshlennaya robotizatsiya, mekhatronika i problemy avtomatizatsii sborochnykh operatsii [Industrial robotics, mechatronics and automation problems of assembling operations]. *Sborka v mashinostroenii, priborostroenii*, 2006, no. 2, pp. 24–26.
70. *Avionika Rossii* [The avionics of Russia]. Ed. S.D. Bodrunov. St. Petersburg, NAAP Publ., 1999, 780 p.
71. Siga Kh., Midzutani S. *Vvedenie v avtomobil'nyuyu elektroniku* [Introduction to automotive electronics]. Translation from Japanese. Moscow, Mir Publ., 1989, 227 p.
72. Aleksiev O.P., Aleksiev V.O., Bogaevski O.B., Borodenko Yu.M., Bikov O.M., Neronov S.M., Kalmikov V.I., Rozhkova S.E., Serikov S.A., Sergienko O.Yu., Smirnov O.P., Tirsya V.V., Chaplugin E.O., Shaposhnikova O.P. *Avtomobil'na mekhatronika* [Automotive mechatronics]. Kharkov, Kharkov National Automobile and Highway University Publ., 2011, 39 p. (In Ukr.)
73. Pupkov K.A. Sed'moi forum po mekhatronike [The seventh forum on mechatronics]. *Mekhatronika*, 2001, no. 3, pp. 46–47.
74. Mekhatronnye sistemy [Mechatronic systems]. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2008, no. 3 (48), pp. 21–107.
75. Krainov A.F. *Mekhanika mashin* [Mechanics of machines]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 2000, 904 p.
76. German-Galkin S.G., Ermilov A.S. Klassifikatsiya i analiz elektromekhanotronnykh sistem [Classification and analysis of electromechatronic systems]. *Izv. vuzov. Priborostroenie*, 1996, vol. 39, no. 3, pp. 13–21.

Шалобаев Евгений Васильевич

– кандидат технических наук, профессор, доцент, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, Санкт-Петербург, Россия, shalobaev47@mail.ru

Толочка Римантас-Тадас Антонасович

– доктор технических наук, профессор, Каунасский технологический университет, Каунас, Литва, tadas.tolocka@ktu.lt.

Evgeniy Shalobaev

– PhD, Associate professor, Associate professor, Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Saint Petersburg, Russia, shalobaev47@mail.ru

Rimantas-Tadas Tolockka

– D.Sc., Professor, Kaunas University of Technology, Kaunas, Lithuania, tadas.tolocka@ktu.lt.