

КИБЕРФИЗИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ: ИДЕИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

А.Л. Фрадков

ИПМаш РАН

Россия, 199178, Санкт-Петербург, Большой пр. В. О., д. 61

E-mail: fradkov@mail.ru

Ключевые слова: киберфизические системы, встроенные сетевые системы, интернет вещей.

Аннотация: В докладе представлена история рождения термина «киберфизические системы» и перспективы развития теории киберфизических систем. Кратко охарактеризованы основные области применения концепции киберфизических систем: умные дома, умные города и умные сети, интернет вещей, роботизированные производства.

Киберфизической системой (КФС) – называют набор устройств или систем физического мира, взаимодействующих между собой, с интернетом и с пользователями при помощи набора алгоритмов (протоколов), реализованных в компьютерных устройствах. Концепция КФС появилась в 2006 году в программе Национального исследовательского фонда (NSF) США, направленной на поддержку перспективных исследований в области встроенных сетевых систем (embedded networked systems). В документах NSF отмечалось, что «Киберфизическая система интегрирует способности к вычислениям, связи и хранению информации с мониторингом и/или управлением объектами физического мира и должна делать это надежно, безопасно, эффективно и в реальном времени. Киберфизические системы должны также быть расширяемыми, экономичными и адаптивными» [1]. Разработчики программы ставили амбициозную цель поддержать создание новой инженерной науки, ориентированной на интегрированный синтез их физических и кибернетических компонентов, с перспективой на 10-20 лет. Они призывали к созданию новой теории систем, одновременно физической и вычислительной [2].

Сейчас, по прошествии 12 лет, программа NSF продолжается [1], но приходится констатировать, что новой единой теории систем до сих пор не создано. Вместо этого появилось несколько новых прикладных областей, в каждой из которых происходит бурное развитие своих теорий: умные дома и умные города, умные производства и умные сети (smart grids), интернет вещей, интеллектуальные встроенные системы и т.д. [3]. Все чаще говорят о революционных преобразованиях техники (новая промышленная революция – Индустрия 4.0), опирающихся на безлюдные роботизированные производства, безлюдные предприятия, беспилотный транспорт и цифровые технологии. В разных странах, в том числе и в России, появляются государственные программы развития Индустрии 4.0 и цифровой экономики. В докладе перечисляются перспективы вышеупомянутых областей и основные вызовы.

Что касается теоретических обобщений и осмыслений, следует упомянуть прежде всего исследования по единой теории управления, вычислений и связи [4,5] и по сетевому управлению [6], результаты которых в полной мере применимы к киберфизическим системам. Важную роль могут также сыграть подходы кибернетической физики – науки об исследовании физических систем кибернетическими методами [7,8]. В част-

ности, важной проблемой является оценка предельных возможностей изменения свойств физических систем с помощью компьютерного управления.

Развитие единой теории управления, вычислений и связи, теории сетевого управления и кибернетической физики определит и будущее киберфизических систем.

Список литературы

1. Cyber-Physical Systems (CPS) <https://www.nsf.gov/pubs/2018/nsf18538/nsf18538.htm>
2. Lee E. Cyber Physical Systems: Design Challenges. University of California, Berkeley Technical Report No. UCB/EECS-2008-8 <http://www.eecs.berkeley.edu/Pubs/TechRpts/2008/EECS-2008-8.html>
3. Rawat D.B., Rodrigues J.J.P.C., Stojmenovic I. Cyber-Physical Systems: From Theory to Practice. CRC Press, 2015.
4. Matveev A.S., Savkin A.V. Estimation and Control over Communication Networks. Birkhäuser, 2009.
5. Андриевский Б.Р., Матвеев А.С., Фрадков А.Л. Управление и оценивание при информационных ограничениях: к единой теории управления, вычислений и связи // Автоматика и Телемеханика. 2010. № 4. С. 34-99.
6. Матвеев А.С., Проскурников А.В., Пчёлкина И.В., Селиванов А.А., Фрадков А.Л., Фридман Э.М., Фуртат И.Б. Проблемы сетевого управления / Под ред. А.Л.Фрадкова. М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2015.
7. Фрадков А.Л. Кибернетическая физика: принципы и примеры. СПб: Наука, 2003. 208 с.
8. Fradkov A.L. Cybernetical physics: from control of chaos to quantum control. Springer, 2007, 242 p.