

УДК 65.011.56

# ИНДУСТРИАЛЬНЫЕ КИБЕРФИЗИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

## **Е.И. Яблочников**

*Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет  
информационных технологий, механики и оптики*  
Россия, 197101, Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, д. 49  
E-mail: [eugeny\\_tps@mail.ru](mailto:eugeny_tps@mail.ru)

## **Ю.С. Андреев**

*Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет  
информационных технологий, механики и оптики*  
Россия, 197101, Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, д. 49  
E-mail: [ysandreev@corp.ifmo.ru](mailto:ysandreev@corp.ifmo.ru)

## **К.В. Киприянов**

*Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет  
информационных технологий, механики и оптики*  
Россия, 197101, Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, д. 49  
E-mail: [kvipriianov@corp.ifmo.ru](mailto:kvipriianov@corp.ifmo.ru)

## **С.Д. Третьяков**

*Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет  
информационных технологий, механики и оптики*  
Россия, 197101, Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, д. 49  
E-mail: [tretiacov@gmail.com](mailto:tretiacov@gmail.com)

## **A.-W. Colombo**

*University of Applied Sciences  
Germany, Emden/Leer*  
E-mail: [awcolombo@technik-emden.de](mailto:awcolombo@technik-emden.de)

**Ключевые слова:** киберфизические системы, цифровые данные, производственное предприятие, информационное взаимодействие.

Все более интенсивное применение информационных технологий в промышленном производстве трансформирует производственную среду в многоплановую систему, с гармоничным сочетанием и координацией между вычислительными и физическими элементами, включая их цифровое (виртуальное) представление, например, в облаке, что приводит к созданию так называемых «Индустриальных киберфизических систем» (ICPS – Industrial Cyber-Physical Systems).

До недавнего времени промышленные системы, как правило, были ориентированы на длительные жизненные циклы использования (в некоторых случаях охватывающие несколько десятилетий), тем не менее в последние десятилетия мы стали свидетелями все более быстрых и ощутимых изменений, в основном из-за развития новых информационных концепций, интернет технологий, инструментов и методологий. Быстрый прогресс в вычислительной мощности, связи и хранения данных в сочетании с преимуще-

ствами облачных вычислений и услуг, имеют потенциал для создания нового поколения ориентированных на обслуживание промышленных систем, чьи функциональные возможности находятся как на самом промышленном устройстве, так и в облаке, и взаимодействуют в режиме реального времени. Практическое внедрение таких промышленных систем приносит не только новые возможности, но и дополнительные проблемы, которые необходимо анализировать и исследовать. Как правило, в настоящее время на уровне промышленного цеха реализация машинного программирования и машинного интеллекта осуществляется на основе крупных монолитных вычислительных ресурсов, сопровождаемых большим количеством простых устройства, специально разработанных и запрограммированных для каждого шага технологического процесса. С ростом использования в промышленном производстве киберфизических систем (CPS), уже можно реализовать значительно более сложные производственные сценарии, отличающиеся более высокими показателями операционной эффективности и технологической гибкости, что, в свою очередь, может существенно повысить общую эффективность производства и обеспечить более успешное сотрудничество с внутренними и внешними партнерами.

Онтологически термин CPS означает «аппаратно-программную комплексную систему, которая тесно связывает физический и цифровой (виртуальный) мир». Однако CPS не просто объединяет в сеть встроенные системы, а позволяет осуществлять глубокую интеграцию программных и интеллектуальных систем с возможностью их совместной работы, адаптации и эволюционного развития. ICPS может быть небольшой, как автономный робот, или очень большой, как производственное предприятие. В киберфизической экосистеме, с одной стороны, каждый реальный физический объект имеет одно или несколько кибер-представлений, и, с другой стороны, кибер-компонент или система может быть связана с физическим представлением, то есть реальным трехмерным объектом. В этом контексте реализация ICPS означает как раз внедрение и распространение таких экосистем в промышленных условиях.

ICPS создают ядро реальной промышленной сетевой инфраструктуры, имеющей кибер-представление через цифровизацию данных и информации по всему предприятию, а также жизненный цикл продуктов и процессов от поставщиков до клиентов по всей цепочке поставок. Таким образом, конкурентная производительность ICPS в основном зависит от способности эффективно собирать, анализировать и использовать актуальные цифровые данные и информацию от разных и часто неоднородных источников для устойчивого и эффективного управления, контроля и работы промышленной среды. Это эффективное информационное взаимодействие ICPS с другими CPS и корпоративными системами, распространяется на все бизнес-процессы и считается жизненно важным для современных производственных технологий.

ICPS, как правило, работает сразу на нескольких уровнях, создавая открытую и коллаборативную среду и, таким образом, формирует следующее поколение промышленных систем, которые очень сложны и тесно связаны с техническими и бизнес целями предприятий.