

"Radio" is monthly publication on audio, video, computers, home electronics and telecommunication

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ: ЗАО «ЖУРНАЛ «РАДИО»

Зарегистрирован Министерством печати и информации РФ 01 июля 1992 г.
Регистрационный ПИ № ФС77-50754

Главный редактор В. К. ЧУДНОВ

Редакционная коллегия:

А. В. ГОЛЫШКО, А. С. ЖУРАВЛЁВ, А. Н. КОРОТОНОШКО,
К. В. МУСАТОВ, И. А. НЕЧАЕВ (зам. гл. редактора),
Л. В. МИХАЛЕВСКИЙ, С. Л. МИШЕНКО, О. А. РАЗИН,
Б. Г. СТЕПАНОВ (первый зам. гл. редактора), В. В. ФРОЛОВ

Выпускающие редакторы: С. Н. ГЛИБИН, А. С. ДОЛГИЙ

Обложка: В. М. МУСИЯКА

Вёрстка: Е. А. ГЕРАСИМОВА

Корректор: Т. А. ВАСИЛЬЕВА

Адрес редакции: 107045, Москва, Селивёрстов пер., 10, стр. 1
Тел.: (495) 607-31-18. Факс: (495) 608-77-13

E-mail: ref@radio.ru

Группа работы с письмами — (495) 607-08-48

Отдел рекламы — (495) 608-99-45, e-mail: advert@radio.ru

Распространение — (495) 608-81-79; e-mail: sale@radio.ru

Подписка и продажа — (495) 607-77-28

Бухгалтерия — (495) 607-87-39

Наши платёжные реквизиты:

получатель — ЗАО "Журнал "Радио", ИНН 7708023424,
р/сч. 40702810438090103159

Банк получателя — ПАО Сбербанк г. Москва

корр. счет 3010181040000000225 БИК 044525225

Подписано к печати 18.08.2016 г. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.

Объём 8 физ. печ. л., 4 бум. л., 10,5 уч.-изд. л.

В розницу — цена договорная

Подписной индекс:

по каталогу «Роспечати» — 70772;

по Объединённому каталогу «Пресса России» — 89032;

по каталогу Российской прессы ПОЧТА РОССИИ — 61972.

За содержание рекламного объявления ответственность несёт рекламодатель.

За оригинальность и содержание статьи ответственность несёт автор.

Редакция не несёт ответственности за возможные негативные последствия использования опубликованных материалов, но принимает меры по исключению ошибок и опечаток.

В случае приёма рукописи к публикации редакция ставит об этом в известность автора. При этом редакция получает исключительное право на распространение принятого произведения, включая его публикации в журнале «Радио», на интернет-страницах журнала, CD или иным образом.

Авторское вознаграждение (гонорар) выплачивается в течение двух месяцев после первой публикации в размере, определяемом внутренним справочником тарифов.

По истечении одного года с момента первой публикации автор имеет право опубликовать авторский вариант своего произведения в другом месте без предварительного письменного согласия редакции.

В переписку редакция не вступает. Рукописи не рецензируются и не возвращаются.

© Радио®, 1924—2016. Воспроизведение материалов журнала «Радио», их коммерческое использование в любом виде, полностью или частично, допускается только с письменного разрешения редакции.

Отпечатано в АО «ПОЛИГРАФИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС «ЭКСТРА М»,
143400, Московская обл., Красногорский р-н, а/м «Балтия», 23 км.
Зак. 16-08-00278.



Компьютерная сеть редакции журнала «Радио» находится под защитой Dr.Web — антивирусных продуктов российского разработчика средств информационной безопасности — компании «Доктор Веб».

www.drweb.com

Бесплатный номер службы поддержки в России:

8-800-333-79-32

Встречаем Индустрию 4.0

А. ГОЛЫШКО, канд. техн. наук, г. Москва

"Микробы медленно ползали по телу Левши,
с трудом волоча за собой подковы..."

(из пособия "Развитие
Интернета вещей в XIX веке")

Говорят, что термин Индустрия 4.0 совместно придумали немецкие бизнесмены, политики и учёные, которые во время Ганноверской ярмарки в 2011 г. искали название для новой инициативы, призванной повысить конкурентоспособность обрабатывающей промышленности Германии через активную интеграцию "киберфизических систем" (CPS — Cyber-Physical System) в производственные процессы. И теперь к 2030 г. в Германии планируется полностью интернализировать промышленность, а немецкое правительство инвестирует в эту область около 200 млн евро. В целом всемирный генезис индустрии выглядит так:

- Индустрия 1.0, построенная на энергии воды и пара;
- Индустрия 2.0, построенная на электроэнергии;
- Индустрия 3.0, объединившая промышленность и информационные технологии;
- Индустрия 4.0, построенная на базе Интернета вещей (IoT — Internet of Things).

Термин CPS широко присутствует в теме интеграции подключённых к Интернету различных производственных мощностей и человеческого труда. На сегодняшних предприятиях огромные объёмы данных выдаются точками измерения, число которых постоянно растёт. С этим процессом легко справляются машины, и человек уже не может обрабатывать эти данные с той же скоростью, что и они. Соответственно, будет целесообразно, если машины получат возможность взаимодействовать между собой в определённых областях производства. Многие процессы можно сделать более эффективными, гибкими и рентабельными посредством создания среды, оснащённой измерительным оборудованием. Интернет вещей, вернее, его часть в лице "Промышленного Интернета" (IIoT — Industrial Internet of Things) пришёл здесь как нельзя кстати. Сегодня, через столетие после конвейерной революции Генри Форда, руководители предприятий переосмысливают принцип сборочной линии и активно создают сеть машин, которые будут не только производить товары с меньшим числом ошибок, но и смогут автономно изменять производственные шаблоны в соответствии с необходимостью, оставаясь при этом высокоэффективными. Ну а смена шаблонов при переходе на новые продукты, как известно, требует подчас серьёзных затрат.

IIoT — это концепция построения инфраструктур, подразумевающая подключение к сети Интернет любых небытовых устройств, оборудования, датчиков и систем мониторинга, а также интеграцию данных элементов между собой, что приводит к формированию новых бизнес-моделей при создании товаров и услуг, а также их доставке потребителю. Ключевым драйвером реализации концепции IIoT является повышение эффективности существующих производственных и технологических процессов, снижение потребности в капитальных затратах. Остаётся лишь "подковать" каждую вещь соответствующим интеллектом.

В настоящее время правительства развитых стран включают киберфизические системы в приоритетный список инноваций, считая их критически важными для защиты своих национальных интересов. Существует надежда, что подобные системы, к примеру, позволяют ведущим державам устроить их нынешнюю зависимость от стран-фабрик, невероятно углубившуюся во времена "глобализации", и вернуть себе реальную самостоятельность. В мире Индустрии 4.0 машины будут способны понимать своё окружение и общаться между собой по интернет-протоколу, поэтому эксперты и приравнивают её к очередной промышленной революции наряду с изобретением парового двигателя или электрификацией.

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА — КОМПАНИЯ «РИНЕТ»



Internet Service Provider

Телефон: (495) 981-4571

Факс: (495) 783-9181

E-mail: info@rinet.ru

Сайт: <http://www.rinet.net>

Правда, при этом они подчёркивают, что это не будет революцией — переход к новому укладу будет происходить постепенно, эволюционно.

Сам термин "киберфизические системы" был предложен в 2006 г. Хелен Джилл (в то время директором по встроенным и гибридным системам в Национальном научном фонде США), чтобы подчеркнуть возрастающую роль распределённых вычислительных систем, встроенных систем реального времени и автоматизированных систем управления техническими процессами и объектами. CPS представляют собой системы, в состав которых входят различные природные объекты, информационные системы и управляющие контроллеры, представленные как единое целое, где обеспечиваются тесная связь и координация между вычислительными и физическими ресурсами. Указанные системы охватывают современные транспорт, энергетику, робототехнику, а также управление промышленными процессами и крупными объектами инфраструктуры. Ожидается, что со временем их развитие приведёт к серьёзным изменениям во взаимодействии с физическим миром. В общем, тренд был подмечен весьма точно, и уже через пару лет началось стремительное развитие CPS, и прогресс в этом классе систем был признан одним из наиболее важных направлений технического развития в США, а чуть позже и в Европе.

Собственно, CPS — это новый уровень развития таких научных направлений, как искусственный интеллект и кибернетика. В своё время оптимизм в "грандиозном" развитии обоих этих направлений сменился всеобщим разочарованием из-за того, что в очередной раз ожидания футурологов и предсказания фантастов сильно опередили развитие технологий. Зато сегодня уже никто не говорит о какой-либо передаче компьютеру творческих задач или о каких-либо разумных действиях компьютеров, которые буквально думают и решают за вас. Сегодня кибернетика не занимается научным познанием и является лишь его инструментом, а понятие искусственного интеллекта ограничено экспертными системами, базами знаний, системами "вопрос-ответ" и ещё рядом столь же понятных задач, вроде современных интерактивных систем поддержки управленческих решений. Разве что отдельные неизощрённые в современных информационных системах управленцы могут думать, что система сама подсказывает им решения, и за этой подсказкой не скрывается большой труд целой армии разработчиков управленческих моделей, аналитиков и создателей баз данных.

В целом CPS могут кардинально изменить традиционную логику производства, поскольку, к примеру, каждый рабочий объект будет способен сам определять, какую работу он должен выполнить для своего производства. Соответственно будет и новая архитектура промышленных систем, которая может быть внедрена посредством цифровой модернизации существующих производственных мощностей. Конечно, создавать с "нуля" на новых

предприятиях будет проще, но её можно поэтапно разворачивать на существующих предприятиях. Собственно, и в сегодняшней Индустрии 3.0 уже наблюдаются признаки очевидного перехода от жёсткого централизованного мониторинга и управления к децентрализованному подходу в этой части. В целом же к предпосылкам, сделавшим возможным развитие CPS, можно отнести рост числа устройств со встроенными процессорами и средствами хранения данных (сети, работающие во всех протяжённых технических инфраструктурах, медицинское оборудование, "умные" дома и пр.), а также Интернет вещей (Smart Building Environment) и перспективными военными системами будущего, а также ограниченность когнитивных способностей человека, эволюция которого по динамике существенно уступает машинной. В один прекрасный момент человек уже не сможет справиться с объёмом информации, требуемой для принятия решений, и его необходимо вывести из контура управления (human out of loop), передав какую-то часть действий CPS. В ряде случаев CPS может усилить аналитические способности человека, и поэтому есть потребность в создании интерактивных систем нового поколения, сохраняющих человека в контуре управления (human in the loop).

Поскольку в основе Индустрии 4.0 лежит концепция Интернета вещей, каждый физический объект ("вещь") будет оснащён встроенной технологией, позволяющей ему взаимодействовать с другими объектами. Применительно к производству это может выглядеть так: каждая деталь имеет метку (например, радиометку, сделанную по RFID-технологии), содержащую информацию обо всех операциях, которые необходимо с ней произвести. Кстати, большое число датчиков уже сегодня регистрирует своё окружение с высокой точностью и массой различных параметров, а встроенные процессоры самостоятельно принимают решения независимо от центральной системы управления производством. Правда, пока ещё не создано интегрированное беспроводное сетевое взаимодействие всех производственных компонентов с постоянным обменом информацией, не сведены все данные от всех датчиков, чтобы идентифицировать какие-то сложные события или критические состояния производства, не освоено прогнозирование и планирование дальнейших действий исходя из полученной и проанализированной информации. Но когда всё перечисленное будет сделано, тогда и наступит окончательно время Индустрии 4.0.

Оперативное принятие CPS в развитых странах, получившее господдержку, имеет очевидное объяснение — имея доступ ко всему существу, CPS критичны для обеспечения национальной безопасности. И конечно, обретение независимости от стран-фабрик — лишь небольшая часть из тех задач, что позволяют решать CPS. В реальности их потенциальная сфера применения гораздо шире. Они позволяют создать качественно новые здравоохранение,

транспорт, энергетику и многое другое. В целом это должен быть "совершенно новый подход к производству". Индустрия 4.0 предполагает обмен данными между всеми участниками, которые задействованы в производственной цепочке: специалистами предприятия, оборудованием, информационными системами, роботами, продуктами и пр. Именно такие предприятия приняты сегодня называть "умными". И именно на такие предприятия ориентируются сегодня лидеры промышленности. К примеру, немецкое правительство принимает "высокотехнологичную стратегию" для подготовки нации, но в целом Индустрия 4.0 должна и уже постепенно захватывает весь мир, хотим мы этого или нет. США последовали примеру Германии и создали некоммерческий консорциум Industrial Internet в 2014 г., которым руководят лидеры промышленности вроде General Electric, AT&T, IBM, Intel и в который входят уже 170 организаций. Цель некоммерческого объединения — устранение барьеров между различными технологиями для того, чтобы обеспечить максимальный доступ к большим данным (Big Data) и усовершенствовать интеграцию физической и цифровой среды.

Что касается России, то в августе 2015 г. на Международном авиакосмическом салоне МАКС-2015 "Российские космические системы" (PKC) и "Ростелеком" подписали меморандум о создании Ассоциации содействия развитию Промышленного интернета "Национальный консорциум Промышленного интернета". Стоит также упомянуть, что развитие IoT объявлено стратегической целью Правительства РФ.

В чём заключается интеграция физической и цифровой среды? К примеру, каждый выпускаемый каким-либо производством продукт будет иметь в Индустрии 4.0 своего "цифрового близнеца". Вся информация об этом продукте, от чертежей и технологий производства до инструкции по настройке, правил техобслуживания и утилизации, будет оцифрована и доступна для считывания устройствами и людьми. А "жизнь" "цифрового близнеца" будет длиться вплоть до завершения срока службы изделия. "Цифровой близнец" продукта можно также рассматривать и как электронный паспорт изделия, в котором фиксируются все данные о материалах, испытаниях, произведённых операциях, что позволяет отслеживать и гарантировать качество продукции.

Важный компонент Индустрии 4.0 — гибкость и многофункциональность производственного оборудования. К примеру, один и тот же обрабатывающий центр может выполнять различные операции в зависимости от запроса поступившей к нему детали, автоматически подстраиваясь и изменяя свою конфигурацию. Уже сегодня на некоторых предприятиях инженер с помощью смартфона может перепрограммировать промышленного робота для выполнения той или иной производственной операции. К тому же в производство всё больше и больше интегрируются роботы, способные менять своё поведение и сотрудничать с человеком.



Подходя к станку, деталь сама "сообщит", что с ней делать, а после обработки автоматически переместится на следующий производственный участок. Появление у машин способности понимать определённую ситуацию приведёт к абсолютному новому уровню качества в промышленном производстве. Взаимодействие между большим числом отдельных компонентов позволит выработать решения, которые ранее было невозможно запрограммировать на производственных установках. В свою очередь, операции по установке заготовки на станок и по её перемещению могут выполнять роботы. С внедрением интеллектуальных технологий в промышленности можно заняться сохранением ресурсов и сверхэкономичным производством, а также повысить надёжность и эффективность технологических процессов. По данным экспертов, в Германии производительность труда при реализации концепции может увеличиться на 30 %.

Не секрет, что потребители в большинстве отраслей ждют уникальный продукт, соответствующий их индивидуальным потребностям. Прошлогодние новинки мало кого интересуют — хочется получить всё самое свежее и инновационное — будь то автомобиль, смартфон, производственное оборудование, косметика или лекарство. Однако выпуск штучных товаров — дело дорогостоящее, и обеспечить конкурентоспособную цену для мелкой серии подчас невозможно. Зато Индустрия 4.0 позволяет, к примеру, производить единственный продукт по ценам массового, приближённого к себестоимости. И если перенастройка традиционных систем автоматизации — это сложный и затратный процесс, то для гибкого производства будущего такой проблемы не должно существовать в принципе. Управление процессом производства тоже может стать дешевле, к примеру, за счёт его перемещения в "облако", а также за счёт возможности прогнозирования процесса потребления продукта (ведь его "цифровая копия" и пожелания клиента у нас есть), что удешевит всю цепочку производства и поставки продуктов.

Важный аспект Индустрии 4.0 заключается в том, что вместо продукта можно продавать услугу по использованию его свойств. К примеру, порядок использования самолётов в Индустрии 3.0 предписывает проводить регламентные работы или замену двигателей в соответствии с предписанными инструкциями. Но реальная жизнь не всегда протекает в соответствии с ними или прошлым опытом двигателестроителей, и потому случаются непредвиденные отказы. С другой стороны, любой авиакомпании важен не сам двигатель, а штатно и надёжно работающий двигатель. Объекты Промышленного интернета будут самостоятельно контролировать свою работу и определять, когда они могут сломаться. В свою очередь, в рамках Индустрии 4.0 производитель, имеющий благодаря большому набору датчиков и "цифровой копии" полную картину функционирования каждого двигателя, может прода-

вать не двигатель, а его ресурс (что будет дешевле и выгоднее для авиакомпании), своевременно проводя ремонтные работы или замену (т. е. когда нужно, а не когда предписано инструкцией). К тому же объединение данных, полученных из разных источников, позволяет достичь режимов эксплуатации, близких к оптимальным.

Кстати, об управлении. Ключевым фактором работоспособности киберфизической системы является соответствие реальности используемой в CPS модели. Классические встроенные системы, которые являются продуктами инженерии XX века, основаны на упрощённом представлении о свойствах природы и окружающей среды и, соответственно, на упрощённых моделях. Типовыми примерами подобного упрощения служат строительная механика и электротехника, представляющие собой вырожденные случаи моделей физики, адаптированные лишь к решению определённого круга задач. И сегодня причинами большинства техногенных катастроф становятся именно упрощённые модели. Ведь в какой-то момент складываются условия, не предусмотренные моделью. Но примерно так построены все действующие встроенные системы. Что же касается CPS, то это явление следующего порядка сложности, которое интегрирует в себе кибернетическое начало, компьютерные аппаратные и программные технологии, а также качественно новые исполнительные механизмы, встроенные в окружающую их среду и способные воспринимать её изменения, реагировать на них, самообучаться и адаптироваться. И для создания подобных систем, способных работать в реальном мире, будет нужна новая дисциплина — проектирование моделей (model engineering).

В отчёте известной консалтинговой компании BCG определены следующие девять технологических областей, составляющих фундамент Индустрии 4.0.

Горизонтальная и вертикальная системная интеграция. Индустрия 4.0 требует пересмотра отношения к данным и сетям. Сегодня это средство взаимодействия не только департаментов внутри предприятия, но и различных предприятий — партнёров по производственному циклу.

Интернет вещей. Устройства и встроенные датчики будут обмениваться информацией в режиме реального времени. Концепция так называемой Индустрии 4.0, которая всё больше распространяется в Европе, предполагает, что Интернет вещей изменит привычный нам производственный процесс.

Кибербезопасность. Без неё невозможно создание доверенной среды, в которой смогут работать миллиарды устройств и пересекающихся информационных потоков. ИТ-специалисты уже создали различные защищённые протоколы и механизмы, но потребность в них скоро вырастет в тысячи раз.

"Облака". Задача поддержки множества типов устройств и датчиков, а также массы генерируемых ими данных наилучшим образом решается с помощью "облачных" сервисов, которые смогут обеспечить и требуемую ско-

рость обработки данных, и масштабируемость решений. Уже сегодня многие промышленные системы мониторинга и контроля переезжают в "облака". Производительность "облачных" технологий будет расти, обеспечивая время реакции в единицы миллисекунд.

Анализ больших данных. Доступность данных по всем фазам и аспектам разработки, производства и испытаний продуктов добавляет новое измерение к пониманию производственного процесса и, соответственно, позволяет точнее планировать инновации, маркетинг и стратегию развития.

Моделирование. Имея в распоряжении большие данные и большую вычислительную мощность, предприятия смогут виртуально моделировать сценарии использования продукта, тем самым ускоряя их тестирование и расширяя инновационный процесс. В виртуальном мире неудачные решения будут выявляться быстро и обойдутся недорого.

Аддитивное производство (3D-печать). С наступлением Индустрии 4.0 методы аддитивного производства будут широко применяться для изготовления по индивидуальному заказу небольших партий продуктов, которые будут сочетать в себе преимущества сложных конструкций при минимальном весе. Высокопроизводительные децентрализованные системы аддитивного производства позволят снизить затраты на транспортировку и сократить складские запасы.

Дополненная реальность. Подобные системы (уже прокладывающие себе путь на рынок в виде Google Oculus Rift и Microsoft HoloLens) будут играть важную роль в повышении производительности труда и качества принятия решений. Примерами подобных приложений могут служить виртуальные тренировки и инструктаж прямо по ходу работы. Работники будут получать инструкции по замене неисправного узла непосредственно в тот момент, когда они рассматривают этот самый неисправный узел. Необходимая информация будет сразу демонстрироваться в поле зрения работника с помощью устройств дополненной реальности, например очков.

Роботы. Сегодня роботы в большинстве представляют собой механические руки, работающие на сборочных линиях, но их интеллект растёт, что позволяет с их помощью решать более сложные задачи, нежели выполнение сборочных операций.

Практическая область применения CPS разбивается на несколько основных сегментов: "умное" производство; "умные" сети и услуги; "умные" здания и инфраструктуры; "умный" транспорт; "умное" здравоохранение. К примеру, "умное" производство состоит из "умных" машин (SM — Smart Machines). Подобные машины самоуправляемы — они могут оценивать состояние окружающей среды, обнаруживать и исправлять ошибки — например, реагировать на износ оборудования. SM позволяет оптимизировать всё производство прежде всего за счёт создания единой системы, в которой машины могут обмениваться данными между собой в

режиме реального времени: обмен между оборудованием, расположенным непосредственно на производственных площадях и в логистической цепочке, включая бизнес-системы, поставщиков и потребителей; передача сведений о своём состоянии обслуживающему персоналу. При этом производственное оборудование, получая сведения об изменившихся требованиях, может само вносить корректировки в технологический процесс. На самом деле в инженерной практике ещё не было прецедентов создания систем, сравнимых по сложности с SM, поэтому сегодня возникает необходимость в проведении исследований, связанных с созданием методов для генерации моделей физической составляющей CPS, интерфейсов этих моделей с моделями вычислительных систем, способов сертификации и верификации. Иными словами, SM на базе CPS — вещь, безусловно, замечательная, но и неимоверно сложная. И согласится ли какая-либо авиакомпания получить назад не просто отремонтированный, но и модернизированный двигатель без проведения комплекса соответствующих испытаний и сертификаций?

Создание с помощью CPS более эффективных "умных" электросетей (Smart Grids) позволит предложить оптимальные решения по распределению мощностей, соответствующую экономическую эффективность, непрерывность снабжения, экологическую безопасность и защиту от террористических атак.

Создание "умных" транспортных систем (Smart Transportation) заключается, прежде всего, в создании полноценной связанной системы, включающей связь между машинами (Vehicle-to-Vehicle — V2V), а также между машиной и внешней окружающей её инфраструктурой (Vehicle-to-Infrastructure — V2I).

Между тем в революции Индустрии 4.0 существуют проблемы как с технической, так и социальной стороны. К примеру, максимизация плюсов четвёртой промышленной революции требует сложных коопераций, не ограничивающихся корпоративными границами, особенно когда дело доходит до того, чтобы все машины говорили на одном языке. И если незаконченный продукт придёт на машину, которая элементарно не сможет считать его RFID-чип потому, что тот запрограммирован на другой частоте, производственный процесс превратится в хаос. Таким образом, определение общих платформ и языков, на которых свободно будут общаться машины разных корпораций, остаётся одной из основных задач в распространении CPS.

С другой стороны, чрезмерная однородность тоже может быть опасной. Следуя примеру Google, горстка влиятельных компаний может завладеть неестественным преимуществом в Индустрии 4.0. А другая группа может всё это обрушить, поскольку ещё одна серьёзная проблема — безопасность. Создание безопасных сетей — трудная задача, и интеграция физических систем с Интернетом делает их более уязвимыми к кибератакам. Как недавно выяснила "Лаборатория Касперского", 92 % подключённых к Интернету промышленных систем потенциально уязвимы для киберугроз. С развитием Индустрии 4.0 производственные процессы можно терроризировать удалённо, манипулируя протоколом производства или просто парализуя этот процесс. И по мере того, как "умные" заводы становятся всё более распространёнными, их безопасность будет становиться всё более злободневным вопросом.

Футурологи давно обсуждают избыточную природу человеческого труда и последствия того, что машины займут

наши рабочие места, и Индустрия 4.0 только усугубляет эти страхи. И если, как предсказывают эксперты, за 20 лет почти половина рабочих мест современного мира будет автоматизирована, миллионы рабочих останутся без работы.

Один из основных стимулов продвижения Индустрии 4.0 заключается в желании конкурировать с производством в развивающихся странах, и широкомасштабное внедрение CPS в Европе и США может перевернуть ситуацию с распределением рабочей силы, эффективно "выдернув коврик" из-под промышленности развивающихся стран.

Тем не менее, в конце концов, кто-то ещё должен платить за поддержание всех машин в рабочем состоянии. Пусть человеческий труд заменяется машинами, и неважно, сколько будет производиться продукции, но если не найдётся никого, кто сможет её покупать, Индустрия 4.0 просто провалится.

В общем, риски Индустрии 4.0 связаны отнюдь не только со сложностью SM или тотальной интеллектуализацией "вещей". Кто поручится, что однажды можно будет, к примеру, отключить от собственного производства целую страну? Ведь если все производственные компоненты живут сами по себе, управление производством находится где-то в "облаке", а объединяющий всё это Интернет не гарантирует защиты, то любой представитель Индустрии 3.0 может сказать представителю Индустрии 4.0 словами героя Анатолия Папанова из "Берегись автомобиля": "У тебя ничего нет, ты — голодранец..."

По материалам **Ростелеком**, **CNews**, **PCWeek**, **Открытые системы**, **Hi-News.ru**, www.energyland.info, www.up-pro.ru/library/opinion/industriya-4.0.html.