

# БАЗОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ КОНЦЕПЦИИ «ИНДУСТРИЯ 4.0»

Заложнев А.Ю., Гинз В.Н.

*Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,*

*Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65*

*zalozhnev@yandex.ru, vasikos@yandex.ru*

*Аннотация: В докладе показано, что технологические платформы и инструментальные средства управления, представляющие собой трансформации технологий и систем управления, сформированных на предыдущих этапах промышленного развития, являются функциональной основой методов и информационных технологий, лежащих в основе концепции «Индустрия 4.0».*

Ключевые слова: методы и инструментальные средства управления, базовые информационные технологии, технологические платформы, функциональные основы, концепция «Индустрия 4.0»

## **Введение**

Термин «Индустрия 4.0» (Industrie 4.0, Industry 4.0) впервые был озвучен на Hannover Messe 4-8 апреля 2011. В октябре 2012 г. рабочая группа по проекту Индустрия 4.0 (Industrie 4.0) представила набор рекомендаций по реализации этой концепции. Понятие «Индустрия 4.0» устанавливает различие между современным уровнем оснащения промышленного производства и уровнями оснащения производства, достигнутыми в прошлом. Так уровень промышленного развития, обозначаемый как «Индустрия 1.0», был достигнут в Западной Европе в начале 19-го века и предполагал использование первых паровых машин. Уровень промышленного развития, обозначаемый как «Индустрия 2.0», предполагающий использование производственных конвейеров и электрической энергии, был достигнут в начале 20-го века. Уровень оснащения производства, обозначаемый как «Индустрия 3.0», был достигнут в конце 60-х годов 20-го столетия. Он предполагает использование электронного программного управления промышленным оборудованием. Уровень промышленного развития, обозначаемый как «Индустрия 4.0», был достигнут в начале 10-х годов 21-го столетия и предполагает применение промышленного Интернета, а также инфраструктуры более общего и универсального характера, такой как Интернет вещей и Интернет сервисов. Основной технологической задачей, стоящей перед разработчиками платформы Индустрия 4.0, является создание открытого коммуникационного стандарта или протокола такого, например, как стандарты OPC Unified Architecture, openSAFETY или Ethernet Powerlink.

Технологическая концепция Индустрия 4.0 (Industry 4.0, Industrie 4.0) [1] основывается на определенном наборе технологий и экономико-технологических концепций. При этом в качестве базовой экономико-технологической концепции принято рассматривать организацию цепей создания добавленной стоимости (Value Chain Organization – VCO) или, как этот термин обычно принято переводить на русский язык, организацию цепей сбыта. Согласно данной концепции цепи создания добавленной стоимости состоят из трех подсистем: первая – входная подсистема (Inputs) включает в себя процессы поставки сырья и комплектующих; вторая подсистема (Transformation) реализует процесс производства продукции или услуг или преобразования сырья и комплектующих в готовую продукцию, это подсистема, в которой непосредственно происходит процесс создания добавленной стоимости; третья подсистема (Outputs) объединяет процессы доставки готовой продукции или услуг до потребителя. Базовая по отношению к VCO концепция – Value Chain (VC) была впервые сформулирована в работе [2] и предполагала описание операций, относящихся к внутри- и межфирменному взаимодействию, и не распространялась на уровни дивизионов корпораций и межкорпоративное взаимодействие. В первоначальной постановке процессы создания добавленной стоимости разделялись на первичные и поддерживающие (вспомогательные) виды деятельности: primary activities и support или secondary activities. Первичные виды деятельности включают логистику сырья и комплектующих, производственные операции, логистику готовой продукции, маркетинг, продажи и сервис. Поддерживающие виды деятельности включают: закупки – приобретение товаров, работ или услуг у внешнего поставщика; управление человеческими ресурсами; технологическое развитие предприятия; инфраструктуру, которая включает ведение бухгалтерского учета, юридические услуги, управление финансами, public relationship, управление качеством и общий (стратегический) менеджмент. Развитием концепции Value Chain на случай дивизионов корпораций и/или межкорпоративное взаимодействие является концепция Global Value Chains (GVCs). Продвижение значимой для деятельности предприятия информации и документов описывается бизнес-моделью Virtual Value Chain (VVC).

## **1 Базовые информационные технологии и функциональные основы концепции «Индустрия 4.0»**

Функциональной основой платформы Индустрия 4.0 являются киберфизические системы (Cyber-physical systems – CPS или CP-системы) – системы, объединяющие вычислительные устройства, контролируемые физические и технические объекты, и сами эти объекты в единую сеть, в которой производится обмен информацией по заданным протоколам. CPS конструируются, как правило, как сети взаимодействующих элементов, а не как совокупности автономных устройств. Расширением CP-систем является промышленный Интернет (Industrial Internet) [3]. Концепция (инициатива) Industrial Internet была введена в научный оборот консультантами компании General Electric. Промышленный Интернет представляет собой интегрированную производственную среду, объединяющую сложное промышленное оборудование, сетевые датчики и программное обеспечение. Использование промышленного Интернета на практике предполагает получение больших объемов информации от работающего оборудования, её компьютерный анализ (Big Data) и использование результатов этого анализа для управления этим оборудованием и контроля за ходом выполнения технологических операций. В настоящее время адаптация различных технологий к использованию посредством промышленного Интернета производится консорциумом, в который входят такие компании и корпорации как AT&T, Cisco, General Electric, IBM и Intel.

Проектирование и развертывание CP-систем базируется на т.н. 5C Architecture (5C-архитектура): connection, conversion, cyber, cognition, configuration [4]. Каждая позиция 5C-архитектуры (Connection Level – Conversion Level – Cyber Level – Cognition Level – Configuration Level) соответствует определенному уровню разработки CP-системы: от нижнего (connection) к верхнему (configuration). Моделирование CP-систем основывается на описании функционального взаимодействия макета проектируемого изделия (Functional Mockup Interface или FMI). FMI стандарт является средством разработки технических систем на основе создания их пространственных (3D) моделей. Подход FMI базируется на представлении каждого промышленного изделия в виде совокупности деталей или компонентов, работа каждого из которых может быть описана соответствующими функциональными моделями, и на предположении, что общее управление изделием может осуществляться системой управления, реализуемой на основе соответствующих технологических принципов, например, электронной, гидравлической или программной. Подход FMI оформлен в виде соответствующего стандарта, который в настоящее время поддерживается и разрабатывается под названием Modelica Association Projects. На первоначальном этапе разработки этот проект разрабатывался под наименованием MODELSTAR, и в работе над ним принимали участие такие компании как Daimler AG и Dassault Systemes, занимающиеся программной реализацией принципов 3D-моделирования и разработкой систем управления жизненным циклом промышленной продукции.

Построение систем на платформе Индустрия 4.0 предполагает использование следующих принципов и технологических возможностей при их разработке: наличие возможности для CP-систем, а именно для технологического и бытового оборудования, интеллектуальных предприятий (Smart Factory), а также для обслуживающего персонала взаимодействовать через Интернет (Interoperability); применение виртуальных моделей интеллектуальных предприятий, создаваемых посредством взаимодействия математических и имитационных моделей с данными, получаемыми от датчиков, установленных на производственном оборудовании или в окружающей среде (Virtualization); возможность и способность CP-систем, функционирующих на интеллектуальных предприятиях самостоятельно принимать ряд управляющих решений (Decentralization); способность таких систем анализировать поступающую информацию и использовать её для формирования управляющих воздействий в режиме реального времени (Real-Time Capability); возможность для персонала производить обслуживание CP-систем и интеллектуальных предприятий через Интернет, используя функционал Интернета сервисов (Service Orientation); возможность гибкой адаптации и настройки интеллектуальных производств (Modularity).

На основе представленных аргументов в докладе сделан вывод о том, что технологические платформы и инструментальные средства управления, представляющие собой трансформации технологий и систем управления, сформированных на предыдущих этапах промышленного развития, являются функциональной основой методов и информационных технологий, лежащих в основе концепции «Индустрия 4.0». Это, однако, не опровергает исходный тезис о том, что имеются существенные различия между современным уровнем технологического оснащения промышленного производства, соответствующего уровню Industry 4.0, и технологическими уровнями производства, достигнутыми в прошлом.

## Литература

1. *Federal Ministry for Economic Affairs and Energy*. Platform Industrie 4.0, 2018. – [Online]. Available: <https://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/EN/Home/home.html>.
2. *Porter M.* Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance. – New York, London: Free Press, Collier&Macmillan, 1985.
3. *GE*. Industrial Internet, GE Reports, 2018. – [Online]. Available: <https://www.ge.com/reports/tag/industrial-internet/>.
4. *Lee J., Bagheri B., and Kao H-A.* A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems // *Manufacturing Letters*. 2015, №3. – P.18–23.