

Системы высокопроизводительных вычислений в 2015–2016 годах: обзор достижений и анализ рынков

Часть VI. Планы и прогнозы

Сергей Павлов, Dr. Phys.

С чувством исполненного долга предлагаем вниманию читателей 6-ю, заключительную, часть обзора систем высокопроизводительных вычислений (ВПВ) или *High-Performance Computing (HPC)*, в которой обсуждаются планы компаний и прогнозы развития информационных и коммуникационных технологий (ИКТ).

Напомним, что комплексный обзор мы готовим уже в четвертый раз. Что же касается периода 2015–2016 гг., то уже опубликованы первая [1], вторая [2], третья [3], четвертая [4] и пятая [5] части.

Все материалы свободно доступны на сайте нашего журнала www.cad-cam-cae.ru.

Финансовые ресурсы и интеллектуальные заделы для развития

Как и обычно, начнем с краткого обзора обобщенных данных о находящихся в распоряжении высокотехнологичных компаний финансовых ресурсах и об их интеллектуальных заделах, которые могут быть использованы для развития.

Убедительными доказательствами конкурентных преимуществ в инновационной деятельности служат:

1 бюджет, выделяемый на исследования и разработки (*Research and Development – R&D*), что является необходимым условием создания новых продуктов (рис. 1, табл. 1);

2 зарегистрированные патенты, отражающие результативность проводимых исследований и разработок (рис. 2, табл. 2).

Список рассматриваемых компаний обновлен в предыдущей части нашего обзора [5, табл. 3], а компании, выведенные за пределы упомянутой таблицы, включены, по возможности, в табл. 1, 2 – чтобы можно было наблюдать за размерами инвестиций, которые в перспективе могут привести

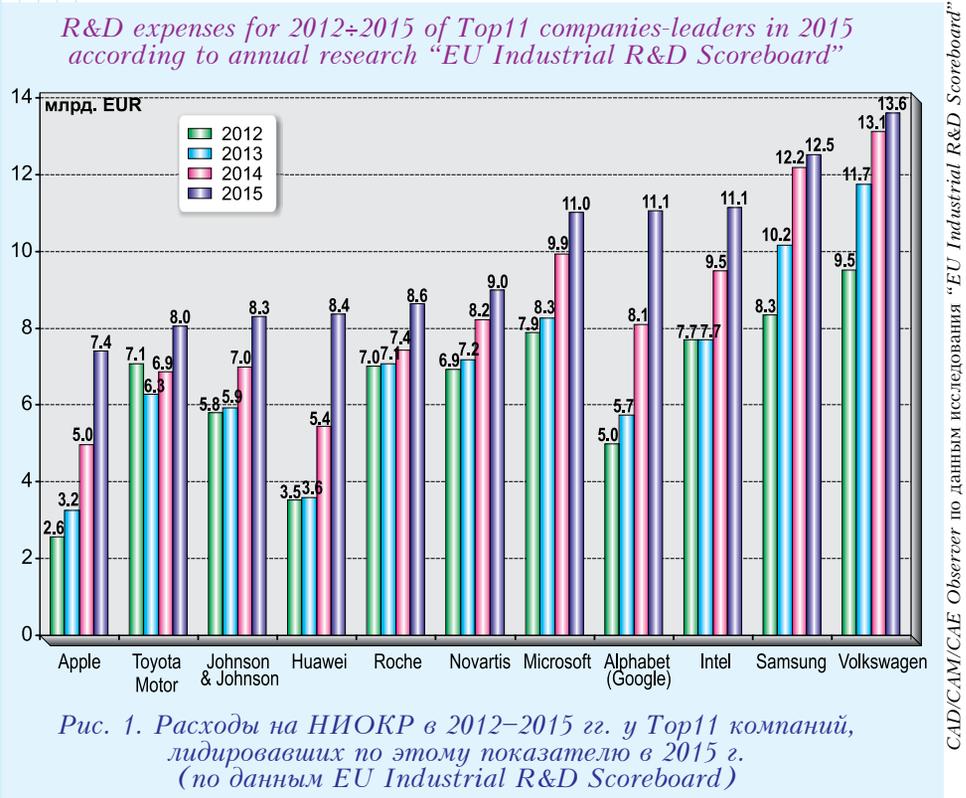
к изменению ранжирования игроков различных рынков.

1 Величина R&D-бюджета

Напомним, что показатели инвестиций в R&D публикуются с годичной задержкой, так что приведенные ниже цифры и достижения соответствуют 2015 году.

Из высокотехнологичных компаний в первую десятку лидеров в 2015 году по размеру инвестиций в создание новых продуктов входят: *Samsung* (2-е место), *Intel* (3-е место), *Alphabet (aka Google)* (4-е место), *Microsoft* (5-е место) и *Huawei* (8-е место). Перемещения в сравнении с раскладом на 2014 год следующие: *Intel* переместился с 4-го места на 3-е, *Alphabet* – с 6-го места на 4-е, отодвинув *Microsoft* с 3-го места на 5-е.

В 2015 году в десятку лидеров впервые вошла китайская компания *Huawei* (8.358 млрд. евро), серьезно поднимаясь вверх: в 2014 году она занимала 15-е место с показателем 5.441 млрд. евро. Еще годом ранее, в 2013-м, её R&D-инвестиции



составляли “всего лишь” 3.589 млрд. евро (26-е место).

Компания *Apple* (самая дорогая компания в мире по состоянию на конец 2016 года) в 2015 году сократила своё отставание по вложениям в исследования (7.41 млрд. евро, 11-е место) от ближайшего конкурента на рынке подключаемых к интернету “умных” устройств – компании *Samsung*. Южно-корейский гигант выложил на эти цели в 1.7 раза больше – 12.528 млрд. евро. Напомним, что в 2014 году *Apple* инвестировала в исследования 4.976 млрд. евро (18-е место по величине R&D-бюджета), то есть примерно в 2.5 раза меньше, чем *Samsung* (12.187 млрд. евро), а в 2013 году ситуация была следующей: у *Apple* эти инвестиции (3.245 млрд. евро, 35-е место) были в 3.1 раза меньше, чем у *Samsung* (10.155 млрд. евро, 2-е место). Прогресс налицо.

Интересно сравнить и “яблочные” показатели с “азбучными”: холдинг *Alphabet* в лице “системообразующей” компании *Google* (которая в начале 2016 года, пусть не надолго, но обошла *Apple* по капитализации) в исследования инвестирует щедрее: в 2015 году – примерно в 1.5 раза больше (11.054 млрд. евро), в 2014 году – примерно в 1.6 раза больше (8.098 млрд. евро), а в 2013 году – примерно в 1.8 раза больше (5.736 млрд. евро), чем *Apple*.

2 Количество зарегистрированных патентов

Компания *IBM* уже 24 года бессменно возглавляет *Top50* по числу ежегодно регистрируемых патентов. В 2016 году установлен **новый абсолютный рекорд – 8088 патентов**, что на 733 единицы больше, чем в 2015-м (7355 патентов). Отметим, что в 2015 году – и это был единственный раз за всё время наших наблюдений – этот показатель уступил на 179 единиц продержавшемуся два года её предыдущему абсолютному рекорду, установленному в 2014 году (7534 патента). До этого тенденция была другой: рекордный показатель 2014 года на 725 единиц превысил достижение 2013-го (6809 патентов), которое, в свою очередь, на 331 единицу превышало результат 2012 года (6478 патентов).

Второе место занимает компания *Samsung*, зарегистрировавшая в 2016 году 5518 патента – это примерно в полтора раза меньше, чем у лидера. Результаты 2015 и 2014 годов у *Samsung* составляли 4952 и 4952 патента соответственно.

Отметим также значительные перемещения в рейтинге двух ведущих чипмайкеров. Компания *Intel* за три года поднялась с 18-го места (1455 патентов в 2013 году) на 6-е (2784 патентов в 2016 году). Еще более стремительной оказалась компания *TSMC*: за три года она скакнула с 35-го места (941 патент в 2013 году) на 9-е место (2288 патентов в 2016 году).

Компания *Apple* и в 2014-м, и в 2015-м, и в 2016 году занимала 11-е место, которое ей обеспечили 2003, 1938 и 2102 патента соответственно.

Напомним, что зарегистрированные патенты отражают эффективность использования бюджета для инновационной деятельности. Кроме того, накопленные пакеты патентов служат инструментами в конкурентной борьбе компаний-лидеров в различных регионах по всему миру. При оформлении сделок по приобретению компаний, что не является редкостью в процессе консолидации и перераспределения рыночных сегментов, пакеты патентов являются едва ли не определяющими активами.

Запланированное покорение технологических вех

В ближайшие несколько лет нас ожидает достижение эксафлопсного (10^{18} операций с плавающей точкой в секунду) рубежа производительности суперкомпьютеров. Гонка началась сразу после появления в июне 2008 года первого петафлопсника – американской системы *Roadrunner* с реальным быстродействием 1.026 *Pflops*. С тех пор производительность супервычислителя удалось нарастить уже на два порядка из необходимых трех. В ноябре 2011 года японский *K computer* впервые перекрыл рубеж в десять петафлопс реальной

Patents registered in USA for 2013÷2016 of Top11 companies-leaders in 2016

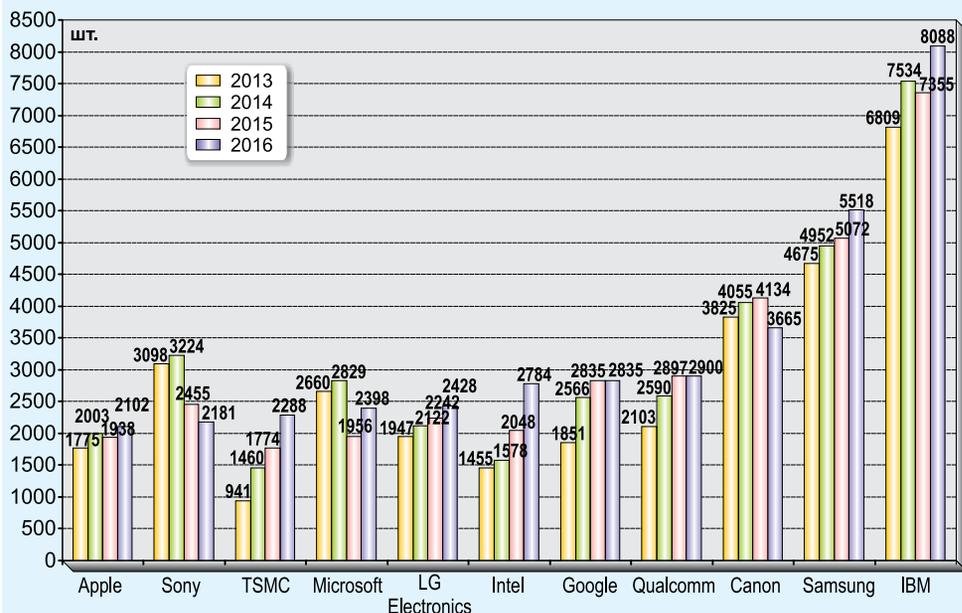


Рис. 2. Число патентов, зарегистрированных в США в 2013–2016 гг., у Top11 компаний, лидировавших по этому показателю в 2016 г.

CAD/CAM/CAE Observer по данным ifclains.com

производительности – 10.51 Pflops. А в июне 2016 года китайский *Sunway TaihuLight* “пикнул” аж на 125.436 Pflops (реальное быстродействие – 93.016 Pflops).

Чтобы ошутить остроту конкуренции за лидерство на мировом рынке HPC, кратко перечислим недавние анонсы крупнейших суперкомпьютеростроителей.

✓ **Китай собирается уже в 2017 году построить прототип экзафлопсного суперкомпьютера**

Из каких именно “камней” будет построен китайский прототип, мы, по всей вероятности,

узнаем только после его презентации, как это случилось с нынешним лидером рейтинга *Top500*. Тем не менее, кроме чипов, известных по системам, включенным в рейтинг *Top500*, стоит напомнить о следующих недавних китайских разработках:

- 64-bit ARM-процессор *Phytium FT2000/64* обеспечивает быстродействие 512 Gflops;
- сопроцессор общего назначения *Matrix2000* перерабатывает числа двойной точности со скоростью 2.4 Tflops.

С уверенностью можно утверждать только одно – процессор будет китайской разработки.

Табл. 1. Расходы на НИОКР в 2013–2015 гг. и места, занимаемые лидерами рассматриваемых рынков (по данным *EU Industrial R&D Scoreboard*)

Компания	2013 г.		2014 г.		2015 г.	
	Место	R&D млрд. EUR	Место	R&D млрд. EUR	Место	R&D млрд. EUR
<i>Samsung</i>	2	10.155	2	12.187	2	12.528
<i>Intel</i>	4	7.694	4	9.503	3	11.140
<i>Alphabet (Google)</i>	9	5.736	6	8.098	4	11.054
<i>Microsoft</i>	3	8.252	3	9.922	5	11.011
<i>Huawei</i>	26	3.589	15	5.441	8	8.358
<i>Apple</i>	35	3.245	18	4.976	11	7.410
<i>Cisco</i>	18	4.564	16	5.112	17	5.701
<i>Oracle</i>	24	3.735	22	4.550	19	5.316
<i>Qualcomm</i>	25	3.602	23	4.511	25	5.043
<i>IBM</i>	22	4.089	25	4.336	27	4.515
<i>Sony</i>	36	3.209	37	3.170	39	3.569
<i>Hewlett-Packard</i>	47	2.273	40	2.839	42	3.217
<i>LG</i>	49	2.209	46	2.597	48	2.718
<i>Nokia</i>	29	3.456	41	2.718	54	2.502
<i>Dell</i>	147	0.777	–	–	–	–
<i>EMC</i>	44	2.355	39	2.916	56	2.437
<i>ZTE</i>	105	1.000	83	1.387	65	1.954
<i>TSMC</i>	83	1.161	79	1.477	70	1.827
<i>MediaTek</i>	168	0.639	104	1.127	98	1.380
<i>Fujitsu</i>	69	1.525	84	1.384	100	1.371
<i>Lenovo</i>	191	0.511	128	0.958	106	1.285
<i>NVIDIA</i>	111	0.961	105	1.120	112	1.223
<i>Texas Instruments</i>	90	1.104	106	1.119	118	1.176
<i>STMicroelectronics</i>	76	1.362	117	1.059	120	1.149
<i>Broadcom</i>	59	1.803	60	1.955	142	0.964
<i>Salesforce</i>	219	0.443	174	0.657	152	0.875
<i>AMD</i>	128	0.871	143	0.883	154	0.870
<i>Adobe</i>	172	0.599	167	0.695	167	0.792
<i>NXP Semiconductors</i>	209	0.463	179	0.628	178	0.734
<i>Amazon</i>	230	0.421	206	0.528	215	0.590
<i>BlackBerry (Research in motion)</i>	119	0.932	190	0.586	273	0.431
<i>HTC</i>	298	0.303	295	0.339	306	0.383
<i>ASUS</i>	337	0.265	343	0.296	324	0.361
<i>ARM Holdings</i>	369	0.231	362	0.279	331	0.352
<i>Cray</i>	987	0.064	947	0.077	951	0.089
<i>Acer</i>	896	0.075	1066	0.066	1290	0.058

✓ **В 2018 году система Summit от IBM покорит отметку в 200 петафлопс**

Американская компания IBM планирует приступить к установке этого суперкомпьютера в конце 2017 года. Гибридная система базируется на новых процессорах от “голубого гиганта” – IBM POWER9 – и графических ускорителях Volta компании NVIDIA.

✓ **К концу 2017 года будет построен японский Post-K computer с быстродействием 130 петафлопс**

Разработкой прототипа экзафлопсного суперкомпьютера занимается научно-исследовательский институт RIKEN и компания Fujitsu. Интересно, что процессорная архитектура SPARC, примененная в недавнем японском рекордсмене, была заменена на энергоэффективную архитектуру ARM. Об успехах Fujitsu в разработке ARM-процессоров можно судить по анонсам

компании Socionext, которую создали Fujitsu и Panasonic: её недавно представленный чип SC2A11A объединяет 24 энергоэффективных 64-bit ядра ARM Cortex-A53 с тактовой частотой 1 GHz.

✓ **Cray приступает к строительству, вероятно, первого в мире ARM-суперкомпьютера Isambard**

В марте 2017 года американская компания Cray начинает устанавливать для британского провайдера HPC-услуг систему на базе 64-bit ARM-процессоров. По всей видимости, речь идет о процессорах ThunderX2 компании Cavium. Этот процессор объединяет до 54-х ядер, работающих с тактовой частотой 3 GHz.

Тот же процессор используется в прототипе, разрабатываемом на базе Суперкомпьютерного центра в Барселоне в соответствии с европейским проектом Mont-Blanc.

Табл. 2. Количество патентов, зарегистрированных в США лидерами рассматриваемых рынков, и их места в Top50 по этому показателю в 2013–2016 гг.

Компания	2013 г.		2014 г.		2015 г.		2016 г.	
	Место	Количество патентов						
IBM	1	6 809	1	7 534	1	7 355	1	8 088
Samsung	2	4 675	2	4 952	2	5 072	2	5 518
Qualcomm	9	2 103	7	2 590	4	2 900	4	2 897
Google	11	1 851	8	2 566	5	2 835	5	2 835
Intel	18	1 455	16	1 578	9	2 048	6	2 784
LG Electronics	10	1 947	9	2 122	8	2 242	7	2 428
Microsoft	5	2 660	5	2 829	10	1 956	8	2 398
TSMC	35	941	23	1 460	13	1 774	9	2 288
Sony	4	3 098	4	3 224	7	2 455	10	2 181
Apple	13	1 775	11	2 003	11	1 938	11	2 102
Amazon	–	–	50	745	26	1 136	14	1 662
Fujitsu	12	1 806	13	1 820	19	1 467	17	1 568
GlobalFoundries	–	–	–	–	60	609	22	1 407
Huawei	–	–	48	775	44	800	25	1 202
Cisco	40	885	32	1 095	36	960	34	978
Texas Instruments	47	741	44	833	43	808	39	887
Foxconn	8	2 279	18	1 537	29	1 083	44	803
BlackBerry (Research In Motion)	20	1 334	–	–	30	1 071	45	771
Hewlett-Packard	19	1 360	17	1 474	22	1 304	–	–
Всего у компаний – участников обозреваемых рынков		35 719		39 204		39 137		42 797
Доля от общего числа патентов в Top50		46.5%		49.6%		47.7%		52.6%
Общее число патентов в Top50		76 850		79 053		82 092		81 311

✓ **В начале 2018 года компания TSMC перейдет на технологическую норму 7 nm**

Заявленное контрактным производителем TSMC и ожидаемое через год достижение – освоение 7-нанометрового технологического процесса – может оказать существенное влияние на сроки достижения экзафлопсного рубежа в случае, если суперкомпьютерные прототипы на базе ARM-процессоров окажутся перспективными. Напомним, что в I квартале 2017 года эта компания переходит к массовому производству чипов по только что освоенной технологии 10 nm.

В ближайшей перспективе у TSMC намечено овладение еще более тонкими технологиями – начало опытного производства чипов с технологической нормой 5 nm ожидается в 2019 году.

Прогнозы

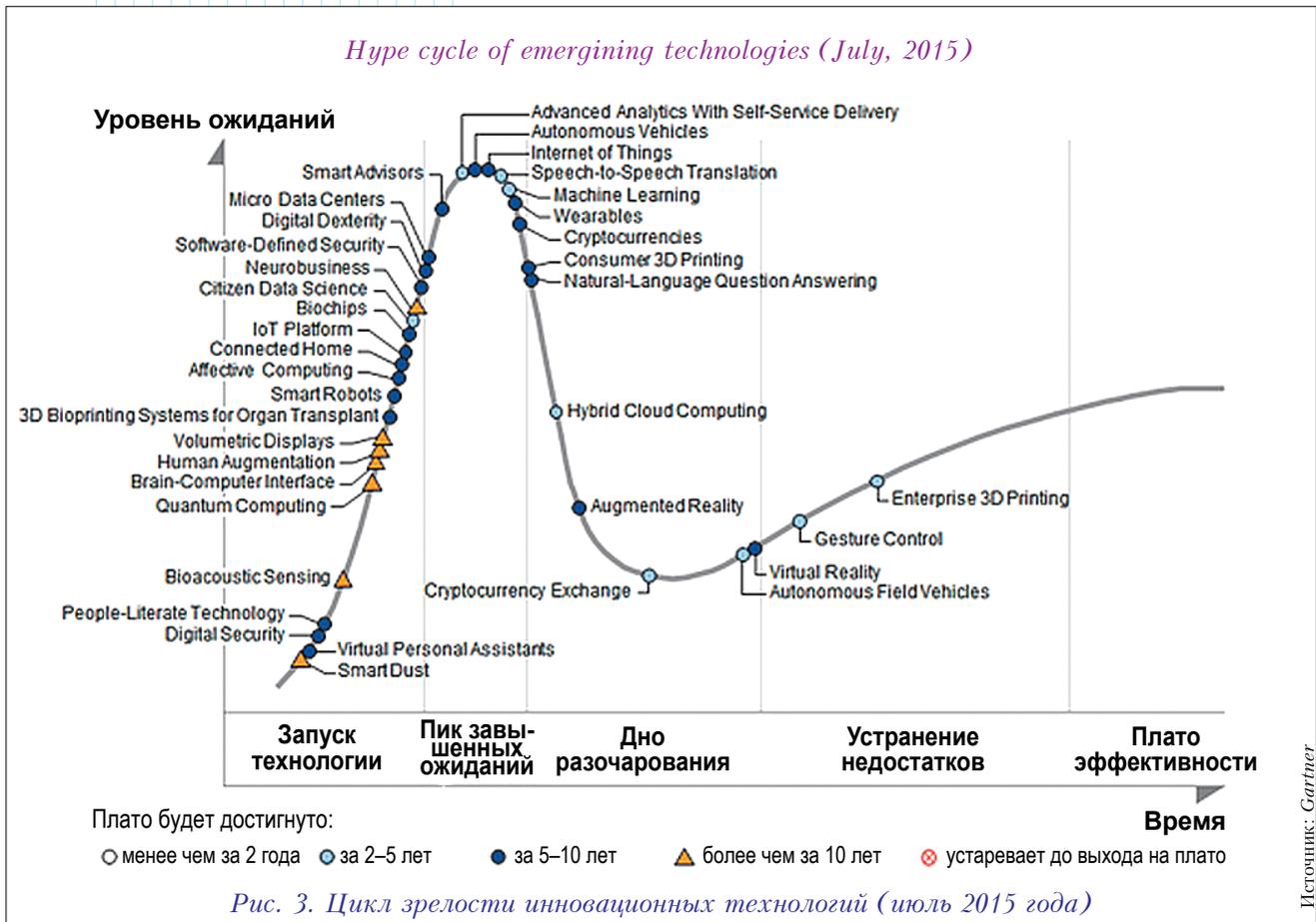
Как и в предыдущих обзорах, мы не будем стремиться “объять необъятное”, и остановимся лишь на двух прогнозах на 2017 год, сформулированных аналитическими компаниями **Gartner** и **IDC**.

В качестве разминки перед чтением прогнозов предлагаем читателям “найти десять отличий” в циклах зрелости инновационных технологий, опубликованных компанией **Gartner** в июле 2015 года (рис. 3) и июле 2016-го (рис. 4). Принятые обозначения подробно обсуждались в [6, рис. 1].

Предлагаем также ознакомиться с нашим пересказом комментариев, подготовленных гартнеровскими аналитиками, для цикла зрелости инновационных технологий в 2016 году. Чтобы читателю было удобнее, для терминов на русском языке, появляющихся в тексте, мы в скобках сохраняем также их английскую транскрипцию.

Gartner: циклы зрелости инновационных технологий в 2016 году

Наиболее продолжительным проектом **Gartner** является ежегодно публикуемый цикл зрелости инновационных технологий (*Hype Cycle For Emerging Technologies*), объединяющий перспективы и тренды развития цифровых технологий, относящихся к различным отраслям. Основная цель публикации – дать информацию для размышления людям, отвечающим за выработку стратегии бизнеса, освоение глобального рынка, анализ и формулирование направлений для инноваций, руководителям подразделений исследований и разработки новых изделий, коллективам разработчиков инновационных технологий, предпринимателям и другим. Циклы зрелости позволяют заинтересованным компаниям и организациям наблюдать в динамике за процессом созревания технологий, анализировать их прибыльность, а также реакцию рынка на инновации.



В 2016 году циклы зрелости, которые представил **Mike J. Walker**, директор по исследованиям компании *Gartner*, охватывают свыше двух тысяч компьютерных технологий; часть из них отображена на **рис. 4**. По мнению аналитиков *Gartner*, эта информация может быть учтена и с толком использована для принятия решений об инвестициях в развитие и разработку инновационных технологий. Организации, решающие задачи, порожденные стремительным преобразованием цифрового бизнеса, могут воспользоваться возможностями предлагаемых “умных” технологий и платформ, обеспечивающих подключение к новым экосистемам для бизнеса.

В процессе анализа циклов зрелости инновационных технологий в 2016 году компания *Gartner* сформулировала следующие **три ключевые тенденции** технологического развития на ближайшее будущее:

- 1 *Transparently Immersive Experiences*, что можно толковать как стирание границ при взаимодействии между людьми, организациями и “умными” вещами;
- 2 *Perceptual Smart Machine Age* – наступление эры умных машин;
- 3 *Platform Revolution* – революционные изменения компьютерных платформ.

Рассмотрим эти тенденции немного подробнее.

1 Стирание границ при взаимодействии между людьми, организациями и “умными” вещами

В 2017 году и далее продолжится развитие ориентированных на человека (*human-centric*) технологий, которые в итоге обеспечат стирание границ и глубокое погружение при взаимодействии между людьми, организациями и подключенными к интернету вещами (*Transparently Immersive Experiences*). Взаимосвязи будут становиться всё более тесными и глубокими по мере эволюции технологий: они станут более адаптивными, учитывающими контекстное окружение, и текучими – внутри рабочих помещений, дома и при взаимодействии организаций с людьми. “Умные” автомобили, “умные” дома и города, доступ практически к любым услугам через интернет – всё это будет способствовать развитию общества на новом уровне.

Важнейшие технологии, на которые следует обратить внимание:

- 4D-печать из полимерных волокон с памятью формы. После стимулирующего воздействия внешних факторов (температура, влажность, давление) изготовленный полуфабрикат деформируется в заданных местах, принимая нужную форму, что позволяет получать самособирающиеся объекты;
- нейрокомпьютерный интерфейс (*Brain-Computer Interface*);

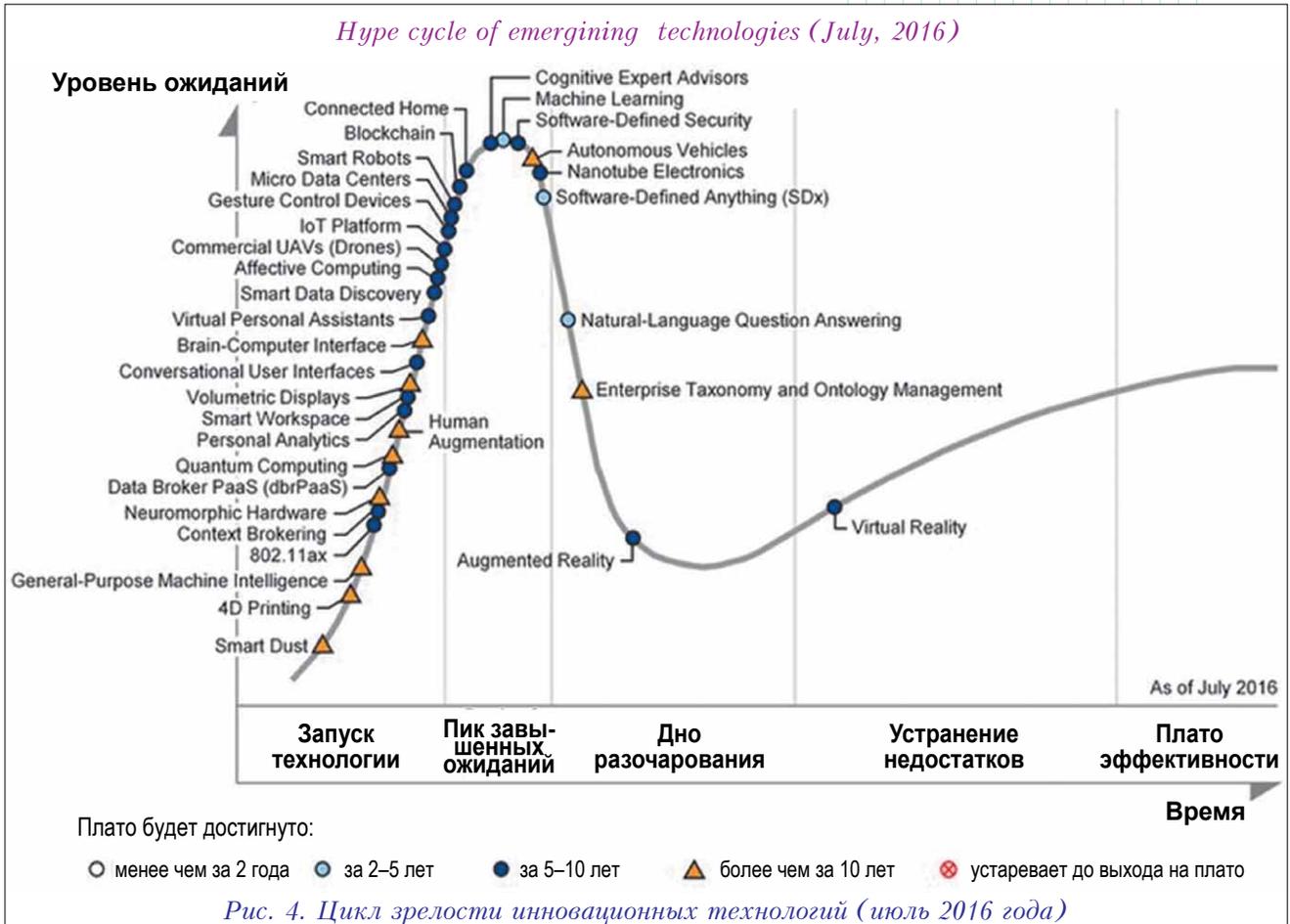


Рис. 4. Цикл зрелости инновационных технологий (июль 2016 года)

- улучшение человеческого организма, расширение возможностей человека (*Human Augmentation*);
- стереоскопические дисплеи (*Volumetric Displays*);
- распознавание человеческих эмоций по мимике, жестам и пр. (*Affective Computing*) и их моделирование для повышения эффективности систем искусственного интеллекта (*Affective computation*);
- “умный” дом (*Connected-Home*);
- электроника на основе углеродных нанотрубок (*Nanotube Electronics*);
- расширенная или дополненная реальность (*Augmented Reality*) – наложение виртуальных элементов (рисунки, пояснения и пр.) на изображение физического объекта в режиме реального времени;
- виртуальная реальность (*Virtual Reality*) – сгенерированное компьютером 3D-окружение, зачастую подразумевающее использование соответствующих шлемов или очков и сенсорной обратной связи;
- устройства, способные распознавать и интерпретировать движение человеческого тела с целью взаимодействия с компьютерными системами без прямого физического контакта (*Gesture Control Devices*).

2 Наступление эры умных машин

Стремительное развитие технологий, которые являются базой для создания умных машин, способных воспринимать информацию (*Perceptual Smart Machine*), в предстоящие десять лет будет обеспечиваться благодаря бурному росту мощности вычислительных систем, доступности и возможности обработки практически неограниченных объемов данных, а также беспрецедентным достижениям в области глубоких нейронных сетей (*Deep Neural Network*). Организации, обладающим “умными” технологиями, способными обработать громадные объемы данных, это позволит адаптироваться к новым ситуациям и справляться с проблемами, которые прежде были неразрешимы.

Предприятиям, которые планируют своё развитие с учетом этого тренда, следует особо обратить внимание на такие технологии:

- “умные” электромеханические микроустройства (*Smart Dust*);
- машинное обучение (*Machine Learning*) – подраздел искусственного интеллекта (ИИ), использующий различные математические методы для выявления закономерностей и получения знания из эмпирических данных;
- виртуальные персональные ассистенты (*Virtual Personal Assistants*);
- когнитивные (ориентированные на познание) эксперты-консультанты (*Cognitive Expert Advisors*);
- “умное” обнаружение данных (*Smart Data Discovery*) – систематическое выявление и анализ конфиденциальной информации;
- “умное” рабочее место (*Smart Workspace*);
- диалоговые пользовательские интерфейсы с элементами ИИ, имитирующие человеческое общение (*Conversational User Interfaces*);

- “умные” роботы (*Smart Robots*);
- коммерческие беспилотные летательные аппараты – дроны;
- беспилотные транспортные средства (*Autonomous Vehicles*);
- ответы на вопросы, поставленные на естественном языке (*Natural-Language Question Answering*);
- персональные аналитики (*Personal Analytics*);
- управление систематизацией и формализацией корпоративных данных (*Enterprise Taxonomy and Ontology Management*);
- облачная платформа как услуга (*PaaS*), поддерживающая деятельность информационных брокеров (*Data Broker PaaS*). Брокеры данных собирают информацию из различных источников, обрабатывают (очищают, дополняют, анализируют) и лицензируют для других организаций, обычно предоставляя её через программный интерфейс (*API*) по подписке;
- контекстное (специализированное) информационное брокерство (*Context Brokering*).

3 Революционные изменения компьютерных платформ

Инновационные технологии революционно изменяют подходы к тому, как определяются и применяются компьютерные платформы. Переход от создания технической инфраструктуры к концепции построения платформ, которые являются основой экосистемы корпорации, закладывает фундамент для разработки совершенно новых бизнес-моделей, формирующих своего рода мост между людьми и технологиями. Если опираться на такие динамичные экосистемы, то для организации возникает необходимость переосмыслить стратегию своего развития с целью разработки бизнес-моделей на базе платформ – с последующим применением в своих интересах для получения дохода.

(Чтобы наполнить содержанием термин “экосистема” в применении к построению бизнеса, читателям стоит обратиться к статье **Eamonn Kelly**, директора *Deloitte Consulting*, под названием “*Introduction: Business Ecosystems Come Of Age*”, которую можно найти по ссылке <https://dupress.deloitte.com/dup-us-en/focus/business-trends/2015/business-ecosystems-come-of-age-business-trends.html>)

Ключевые технологии, на которые следует обратить внимание, включают:

- нейроморфические чипы (*Neuromorphic Hardware*), архитектура которых базируется на данных нейробиологии – дисциплины, изучающей физиологию, строение, развитие мозга и нервной системы;
- квантовые вычисления (*Quantum Computing*);
- цепочка блоков транзакций (*Blockchain*) – технология надежного распределенного хранения достоверных данных чём угодно (выданных кредитах, правах на собственность, переводах виртуальных денег и т.д.);
- платформы для интернета вещей (*IoT Platform*);

- информационная безопасность в программно-конфигурируемых сетях (*Software-Defined Security*);

- программное конфигурирование любых систем (*Software-Defined Anything – SDx*).

“Анализ перечисленных тенденций показывает, что чем глубже организации смогут интегрировать инновационные технологии в процессы взаимодействия своих сотрудников, партнеров и заказчиков, тем быстрее экосистемы организаций могут быть соединены с платформами, открывающими новые динамические возможности ведения бизнеса”, – отметил *Mike J. Walker*. – “Развитие умных машин приведет к тому, что эти технологии станут частью экосистемы цифрового бизнеса и расширяют человеческий опыт”.

Gartner: 10 направлений стратегического развития технологий в 2017 году

Свою “горячую десятку” компания *Gartner* представила на мероприятии *Symposium/ITxpo 2016*, которое проходило с 16 по 20 октября 2016 года в г. Орландо (шт. Флорида, США). По традиции топ-10 представил *David Cearley*, вице-президент *Gartner* и *Gartner Fellow* (то есть член почетного сообщества заслуженных сотрудников).

Аналитики *Gartner* сформулировали тенденции или направления развития стратегически важных технологий с прорывным потенциалом, от которых в предстоящие пять лет, после апробации в ряде отраслей, ожидаются существенное расширение сферы применения и рост влияния на бизнес.

По мнению аналитиков *Gartner*, эту десятку стратегических направлений, которые будут способствовать следующему этапу эволюции **сети интеллектуальных (“умных”) цифровых устройств** (*Intelligent Digital Mesh*), можно сгруппировать так:

✓ **Интеллектуальность повсюду**

В группу *Intelligence Everywhere* входят первые три направления – они относятся к применению методов обработки данных (включая продвинутое машинное обучение и искусственный интеллект) для создания “умных” аппаратных и программных систем, которые запрограммированы на самообучение и адаптацию.

✓ **Цифровой мир**

Группа *Digital World* включает в себя вторые три направления – они охватывают технологии развития цифрового мира, а также взаимопроникновения цифрового и реального физического миров

✓ **Сеть интеллектуальных устройств**

В группу *Intelligent Digital Mesh* входят четыре оставшихся направления – в их формулировке акцент делается на объединении платформ и сервисов, необходимых для создания сети “умных” цифровых устройств.

Теперь сделаем беглый обзор новейшего гartnerовского топ-10. Отличия от прошлогоднего

списка [8] читатели могут, при желании, поискать своими силами.

1 Искусственный интеллект и продвинутое машинное обучение

Термины искусственный интеллект (*Artificial Intelligence – AI*) и продвинутое машинное обучение (*Advanced Machine Learning – AML*) объединяют целый спектр технологий и методов, включая глубокое обучение (*Deep Learning*), нейронные сети (*Neural Networks*) и обработку информации на естественных языках (*Natural-Language Processing – NLP*).

Наиболее продвинутые методы выходят за рамки традиционных алгоритмов, основанных на правилах (*Rule-Based Algorithms*), что дает возможность разрабатывать системы, которые способны понимать информацию, самообучаться, прогнозировать ситуацию и адаптироваться к ней, а в перспективе – функционировать в автономном режиме.

Как отметил г-н *Cearley*, практическая реализация методов искусственного интеллекта и продвинутого машинного обучения позволили создать целый спектр интеллектуальных систем, включая:

- физические устройства – роботы, беспилотные транспортные средства (*Autonomous Vehicles*), потребительская электроника;

- программные приложения (*Apps*) и сервисы – виртуальные персональные ассистенты (*Virtual Personal Assistants – VPA*), “умные” ассистенты (*Smart Advisors*).

Это дало пользователям новый класс “умных” приложений и подключенных к интернету вещей, а также позволило обогатить встроенной интеллектуальностью широкий спектр уже существующих цифровых устройств, программных приложений и сервисных решений.

2 “Умные” программные приложения

“Умные” программные приложения (*Intelligent Apps*), такие как виртуальный персональный ассистент, берут на себя часть функций человека-помощника, упрощают выполнение повседневной работы (например, проводя классификацию поступающей электронной почты в соответствии с заданными приоритетами) и создают условия для более эффективной работы (к примеру, выделяя цветом наиболее важный контент и контакты). Другие “умные” приложения, такие как виртуальный ассистент покупателя (*Virtual Customer Assistant – VCA*), имеют узкую специализацию в сфере продаж и обслуживания клиентов. Таким образом, интеллектуальные приложения способны изменить характер работы человека и устройство рабочего места.

Согласно прогнозу г-на *Cearley*, через десять лет элементы ИИ какого-то уровня будут инкорпорированы практически в каждое приложение или сервис. То есть, речь идет о долгосрочном тренде, связанном с непрерывной эволюцией и расширением применения возможностей ИИ и машинного обучения.

3 “Умные” вещи

Под “умными”, или “интеллектуальными”, вещами (*Intelligent Things*) понимаются реально существующие физические объекты (вещи), которые могут не только выполнять функции в соответствии с жесткой моделью, запрограммированной человеком. Благодаря заложенным элементам ИИ и алгоритмам машинного обучения, они могут демонстрировать более сложное и естественное поведение при взаимодействии с другими физическими объектами и людьми. Аналитики *Gartner* полагают, что в дальнейшем – по мере расширения применения дронов, беспилотных транспортных средств и “умных” бытовых приборов и устройств – будет наблюдаться переход к коллаборативным моделям, определяющим поведение группы “умных” вещей.

4 Виртуальная и расширенная (или дополненная) реальность

Технологии, создающие эффект присутствия (*Immersive Technology*), такие как виртуальная реальность (*VR*) и расширенная или дополненная реальность (*Augmented Reality*), изменяют способ взаимодействия пользователей друг с другом и с программными системами. По прогнозу г-на *Cearley*, в период до 2021 года ожидается быстрая эволюция контента и приложений для индивидуальных и корпоративных пользователей иммерсивных технологий.

Инструменты виртуальной и дополненной реальности будут объединяться с сетями цифровых устройств, что будет способствовать формированию систем взаимосвязанных устройств, которые обеспечат упорядочение поступающих к пользователю информационных потоков с помощью приложений и сервисов, которые в высшей степени точно настроены под пользователей (*hyperpersonalized*) и соответствуют их ожиданиям.

Интеграция в средах, насыщенных многочисленными мобильными и носимыми устройствами, где функционирует интернет вещей (*Internet of Things – IoT*) и активны различные датчики, расширит возможности иммерсивных приложений и выведет их за пределы изолированного применения на основе опыта единственного пользователя.

5 Цифровой двойник

Цифровой двойник (*Digital Twin*) – это динамичная компьютерная модель реально существующей вещи или системы. Она служит для анализа данных, поступающих от сенсоров, и позволяет отслеживать состояние вещи или системы с целью обеспечить своевременную реакцию на возникающие изменения, а также улучшить работу вещи или системы и расширить функциональность. Цифровой двойник объединяет метаданные (классификация, состав и структура), условия или состояние (местоположение и температура), информацию о событиях (к примеру, последовательность дат) и аналитический аппарат (алгоритмы и правила).

В течение трех – пяти лет цифровые двойники будут созданы для сотен миллионов объектов. Они будут использоваться для организации своевременного профилактического ремонта и планирования сервисного обслуживания различного оборудования, для планирования производственных процессов, для управления заводами, для прогнозирования отказов оборудования и недопущения снижения эффективности его функционирования, для совершенствования процесса разработки изделий. Постепенно цифровые двойники смогут прийти на смену квалифицированным специалистам, опирающихся в своей работе на традиционные устройства мониторинга и управления (например, манометры и клапаны регулирования давления).

6 Цепочка блоков транзакций и распределенные реестры

Цепочка блоков транзакций (блокчейн) – это разновидность распределенного реестра, в котором изменяющие ценность транзакции (в случае криптовалюты – в биткоинах или других денежных единицах) группируются последовательно в блоки. Каждый блок связан с предыдущим и записан в сети одноранговых объектов (*Peer-to-Peer Network*) с использованием криптографии и других методов защиты данных.

Концепция блокчейна и распределенного реестра пользуется популярностью, поскольку она открывает возможности для изменения моделей функционирования ряда отраслей. Пока она применяется в основном в сфере финансового обслуживания, однако имеется ряд других возможных её приложений, включая распространение музыкальных записей, аутентификация и контроль подлинности, регистрация прав собственности, организация системы снабжения и пр.

7 Продвинутое диалоговые системы

При разработке интеллектуальных диалоговых интерфейсов (*Conversational Interface*) основное внимание будет сосредоточено на создании виртуальных собеседников (*Chatbot*) и в устройствах с микрофоном и динамиками (например, смартфоны, планшеты, персональные компьютеры, автомобили).

Спектр подключенных к сетям цифровых устройств, которые люди применяют в качестве терминала для запуска программных приложений, доступа к информации, взаимодействия с другими людьми и общения в социальных сетях, контактов с государственными учреждениями и коммерческими организациями, расширяется – теперь это не только компьютеры, но и любые новейшие коммуникационные устройства. По мере эволюции таких сетей будет расширяться набор моделей соединений, появятся новые возможности взаимодействия устройств, что станет основой для получения пользователями нового опыта в окружающей среде цифровых устройств, объединенных в

сеть (*Ambient Digital Experience*) (см. 2-й тренд в прошлогоднем гартнеровском обзоре [8]).

8 Архитектура для объединения распределенных приложений и сервисов в сети цифровых устройств

Архитектура *MASA* (*Mesh App and Service Architecture*) – см. 9-й тренд в прошлогоднем гартнеровском обзоре [8]), ориентированная на распределенные приложения и сервисы в сети цифровых устройств, позволяет соединять приложения для мобильных устройств (*Apps*), браузеров (*Web Apps*), стационарных компьютеров и интернета вещей с широким спектром сервисов, предоставляемых на стороне сервера. Это необходимо для создания того, что пользователи воспринимают в качестве полноценных “приложений” (*Application*). Такая архитектура позволяет инкапсулировать сервисы и предоставить пользователю программные интерфейсы приложений (*Application Programming Interface – API*) на разных уровнях, в том числе и за пределами корпоративных границ. При этом должен соблюдаться баланс требований к скорости настройки и масштабируемости сервисов, а также к структуре набора сервисов и возможности их повторного использования.

Архитектура *MASA* предоставляет пользователям возможность получить оптимизированное решение для выбранных конечных устройств в сети (это может быть, например, ПК, смартфон, автомобиль). Кроме того, пользователь может непрерывно обновлять свой опыт в процессе перемещения в сети цифровых устройств, переходя от одного канала связи к другому.

9 Платформы для поддержки цифровых технологий

Платформы для поддержки цифровых технологий (*Digital Technology Platforms*) являются базовыми и критически важными элементами (блоками) для построения цифрового бизнеса.

Аналитики *Gartner* выделяет пять основных направлений для реализации потенциальных возможностей, заложенных в модели цифрового бизнеса:

- информационные системы;
- поддержка пользовательского опыта;
- бизнес-аналитика;
- интернет вещей;
- экосистемы для бизнеса.

Каждая организация будет обладать своим собственным сочетанием этих платформ.

10 Адаптивная архитектура систем информационной безопасности

Применение возможностей сети “умных” цифровых устройств, соответствующих платформ для поддержки цифровых технологий и архитектуры для объединения приложений и сервисов существенным образом усложняет задачу обеспечения безопасности (см. также 7-й тренд в прошлогоднем гартнеровском обзоре [8]). Помочь в этом может

адаптивная архитектура систем информационной безопасности (*Adaptive Security Architecture*).

По мнению г-на *Cearley*, разработанные к настоящему времени технологии ИБ необходимо использовать в качестве базового уровня для защиты платформ интернета вещей. Мониторинг поведения пользователей, а также объектов и вещей, образующих сеть “умных” цифровых устройств, является крайне важным дополнением, особенно в случае применения *IoT*-сценариев. В результате расширения охватываемой интернетом вещей области появляются и новые зоны уязвимости, необходимость защиты которых является новым фронтом работ для специалистов в сфере информационной безопасности. При разработке платформ интернета вещей необходимо применять новые инструменты и процессы для предотвращения несанкционированных обращений к данным и к объектам сети цифровых устройств.

IDC: ключевые тенденции 2017 года

Десятку ключевых тенденций, сформулированных в виде прогнозов, представил 1 ноября 2016 года *Frank Gens*, старший вице-президент и главный аналитик компании *IDC*. В числе наиболее важных трендов, которые являются драйверами успешного развития в настоящее время и в будущем, он отметил следующее:

- вся мировая экономика переходит на цифровые рельсы;
- статус предприятий в том, что касается сферы цифрового бизнеса, меняется – из “цифровых иммигрантов” они становятся “коренными жителями”;
- число ускорителей инновационного развития постоянно растет;
- появилась “4-я платформа” (спектр новых технологий, которые станут господствующими через десяток лет);
- радикальным образом меняется характер коммуникаций между производителями и потребителями;
- развитие экосистемы становится столь же важным для успеха бизнеса, как и приумножение интеллектуальной собственности (*IP*).

Предлагаем краткий пересказ прогнозов развития отрасли информационно-телекоммуникационных технологий (ИКТ), подготовленных аналитиками компании *IDC*.

1 Переход экономики на цифровые “рельсы”

К 2020 году половина (50%) крупнейших публичных компаний мира из списка *Global 2000* убедится в том, что успех из бизнеса определяется их цифровыми возможностями проектировать и совершенствовать изделия, предлагать сервисное обслуживание и накапливать опыт.

Мы станем свидетелями коренного преобразования предприятий и их поведения на рынке (*Digital Transformation*). К концу 2017 года у трети компаний из списка *Global 2000* рост доходов от реализации изделий, основанных на ИТ, удвоится в сравнении

с остальной частью портфеля заказов. К 2021 году треть главных исполнительных или операционных директоров компаний из списка *Global 2000* до назначений на эти должности по крайней мере пять лет отвечали за технологическое развитие предприятия. В 2019 году затраты, связанные с переходом на цифровые технологии, достигнут 2.2 триллионов долларов, что почти на 60% больше, чем в 2016-м.

2 Третья платформа – по умолчанию

К 2019 году технологии и сервисы 3-й платформы будут определять почти 75% расходов на информационные технологии – темпы роста суммарного объема ИТ-рынка удвоятся.

В прошлом году аналитики *IDC* предсказывали, что в 2019 году технологии и сервисы 3-й платформы (облачные сервисы, обработка “больших данных” и аналитика, бизнес в социальных сетях, приложения для мобильных устройств) будут генерировать всего 60% (а не 75%) расходов на ИТ. Такое увеличение темпов роста является результатом “эффекта снежного кома”, поскольку эти технологии перестают быть “нарастающими” (“*emerging*”), а становятся само собой разумеющимися, принимаемыми по умолчанию. Акселераторы инноваций 3-й платформы (рис. 5) – искусственный интеллект, интернет вещей, дополненная и виртуальная реальность, робототехника, 3D-печать и компьютерная безопасность следующего поколения (опирающаяся на цепочки блоков транзакций) – становятся общепринятыми технологиями, мейнстримом.

3 “Облако 2.0”

К 2020 году 67% расходов на корпоративную ИТ-инфраструктуру и программное обеспечение будут связаны с облаком. Облачные технологии станут распространенными, надежными, интеллектуальными и промышленно-ориентированными. К 2018 году порядка 85% используемой ИТ-инфраструктуры будет предлагаться несколькими поставщиками с различающейся облачной архитектурой (*Multi-Cloud*).

Доверие к облачным технологиям будет расти, к 2020 году степень защищенности вырастет за счет применения новых систем информационной безопасности, базирующихся на технологии блокчейнов. Рынок облачной ИТ-инфраструктуры станет более консолидированным, и пятерка лидеров среди поставщиков *IaaS/PaaS* будет контролировать как минимум 75% рынка (в 2016 году – примерно 50%).

4 Искусственный интеллект – повсюду

К 2019 году 40% всех инициатив, связанных с переходом к цифровому формату

той или иной деятельности (*Digital Transformation*), а также 100% усилий, связанных с интернетом вещей, будут поддерживаться функционалом, надежным когнитивными возможностями или содержащим элементы искусственного интеллекта.

По оценкам аналитиков *IDC*, к числу сфер с наибольшими затратами на ИИ-функционал можно отнести следующие три:

- медицинская диагностика и лечение;
- управление качеством в промышленности;
- автоматизированный сервис в торговле.

К 2018 году 75% команд разработчиков программного обеспечения будут включать функционал ИИ как минимум в одно из своих приложений (сервисов). Год назад прогнозировалась более скромная цифра – 50%; ускорение объясняется тем, что облачные технологии “демократизируют” освоение функционала ИИ.

К 2019 году в домашних хозяйствах США будет функционировать свыше 110 миллионов потребительских устройств со встроенными “умными” ассистентами. В период 2017–2020 гг. семь из десяти топ-проектов с функционалом ИИ будут ориентированы на применение в промышленности; инвестиции в них составят 85% от суммарных



Рис. 5. Дальнейшее развитие 3-й компьютерной платформы по версии аналитической компании *IDC*

инвестиций в проекты из Топ-10. Мы станем свидетелями “битвы интеллектуальных платформ” и острой конкуренции разработчиков программного обеспечения в сфере ИИ.

5 Иммерсивные интерфейсы получают широкое распространение

В 2017 году 30% компаний из списка *Global 2000*, которые напрямую работают с потребителями, в своих маркетинговых программах в качестве эксперимента будут применять технологии виртуальной и дополненной реальности, обеспечивающие эффект погружения.

Всё больше компаний при взаимодействии с потребителями будут применять “иммерсивные интерфейсы” (*Immersive Interfaces*), включая средства дополненной (AR) и виртуальной реальности (VR). В 2018 году количество активных пользователей мобильных приложений с технологиями дополненной реальности (например, *Pokemon Go*) превысит 400 миллионов. К 2020 году более 20% рекламы в социальной сети *Facebook* будет базироваться на технологии виртуальной реальности с круговым обзором (*360-degree VR*). Возможно, что к 2020 году эту технологию будут использовать 20% социальных сетей. В 2019 году вендоры предложат устройства из класса носимой электроники с “умным” голосовым интерфейсом – в качестве цифровых ассистентов (например, при покупках в сетях розничной торговли).

6 Растет число облачных коллаборативных платформ для промышленности

Industry Collaborative Cloud Platform (ICC) – коллаборативная платформа, построенная на базе облачных технологий, предназначена для одновременной удаленной работы сотрудников промышленного предприятия с документами или другими данными за пределами корпоративного межсетевоего экрана (*Firewall*).

К 2018 году число облачных коллаборативных платформ для промышленности утроится и превысит 450. К 2020 году свыше 80% компаний из списка *Global 500* станут поставщиками цифровых сервисов через такие платформы. К 2020 году поставят цифровые сервисы через коллаборативные промышленные платформы будут 75% компаний из списка *Fortune 500*.

7 Растет число команд разработчиков цифровых платформ и сервисов

К концу 2017 года более 70% компаний из списка *Global 500* сформируют у себя специализированные команды разработчиков для перевода деятельности компании в цифровой формат.

К настоящему моменту 60% компаний из списка *Fortune 100* уже сформировали специализированные подразделения такого рода. К 2018 году на предприятиях, принявших стратегию перехода на цифру, численность специализированных команд разработчиков вырастет в два-три раза.

К 2020 году команды разработчиков, занимающихся переводом деятельности компании на цифровые рельсы, более 80% программных компонент будут брать из источников ПО с открытым кодом.

8 “Перезагрузка” каналов поставки облачных сервисов

К 2020 году более 70% доходов поставщиков облачных сервисов будет извлекаться через партнеров по каналам поставок и брокеров облачных услуг.

В том, что касается каналов поставки облачных сервисов, произойдет полная “перезагрузка”, поскольку поставщикам ИТ понадобится содействие в привлечении потенциальных пользователей и в сопровождении предоставляемых им сервисов. К 2018 году ведущие ИТ-поставщики переориентируют по меньшей мере треть своего бизнеса с аппаратных продаж на поставку облачных сервисов или

The impact (%) of technologies on product design and development over the next 5 years (the survey of Digital Engineering audience – 580 complete responses)

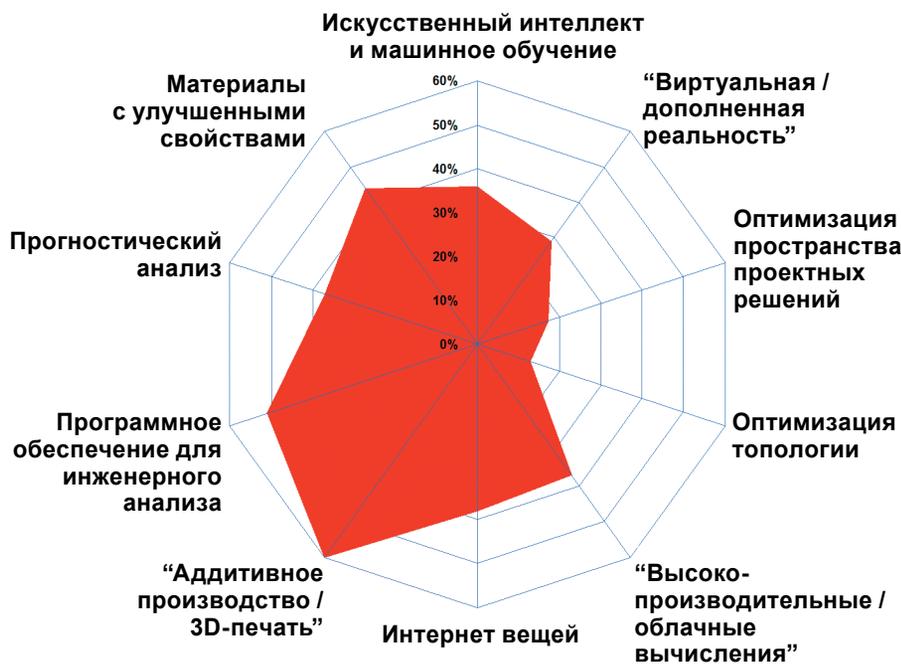


Рис. 6. Степень влияния (%) технологий на разработку и проектирование изделий в предстоящие 5 лет (по результатам опроса читателей журнала “Digital Engineering” – 580 заполненных анкет)

на посредничество (*brokering*) в их распространении. К этому времени большинство поставщиков облачных услуг, не входящих в первую десятку, станут посредниками в распространении сервисов от своих конкурентов, занимающих на рынке лидирующие позиции.

К 2021 году брокеры облачных бизнес-сервисов для среднего и малого бизнеса начнут специализироваться в соответствии со сферой деятельности заказчиков.

9 Новая шкала оценок выявит новых лидеров цифрового бизнеса

К 2020 году для сопоставления эффективности предприятий понадобится новая шкала оценок, охватывающая структуру управления бизнесом, учет интересов заказчиков, преобразование традиционных и новых предложений компании в цифровую форму, эффективность операционной деятельности и гибкость. По меньшей мере треть сегодняшних лидеров каждой отрасли не сможет своевременно справиться с проблемами, которые возникают при переходе на цифровые рельсы.

10 На горизонте – 4-я платформа

К 2020 году треть компаний, которые занимаются медико-биологическими разработками и производством процессоров, начнут создавать первые изделия и сервисы, тесно интегрирующие технологии 3-й платформы с целью совершенствования человеческого организма (*Augmented Humanity*). В середине 2020-х годов такие предложения станут мейнстримом.

4-я платформа будет результатом интеграции цифровых технологий в организм человека, их использования для инжиниринга биологических систем на клеточном и внутриклеточном уровне. По мнению аналитиков *IDC*, технологии 4-й платформы предложат разнообразные улучшения для человека. Первые желающие попробовать на себе новейшие достижения появятся в период с 2021 по 2026 год. Поскольку при этом выявится множество проблем этического и юридического характера, становление технологий 4-й платформы будет сопровождаться жаркими спорами и дискуссиями.

Результатом всех отмеченных в пп. 1–10 изменений станет трансформация производственного цикла создания добавленной стоимости и переход к новому “социальному графику предприятия” или “графику инноваций – когда предприятие тесно связано с различными сообществами (разработчики, каналы сбыта, промышленные платформы, поставщики данных, пользователи изделий и фаны). Изменения в этом направлении наблюдаются уже сегодня у таких компаний, как *Amazon*, *Apple* и *Salesforce*.

Несколько слов вместо заключения

Надеемся, что дополняющие друг друга прогнозы компаний *Gartner* и *IDC* помогут читателям составить более-менее целостную композицию в

отношении вероятных путей развития технологий в 2017 году и в ближайшей перспективе.

Некоторое представление о том, в какой степени инновационные технологии повлияют на разработку и проектирование изделий в предстоящие пять лет, можно получить и из результатов опроса читателей журнала “*Digital Engineering*”, проведенного в конце 2016 года (рис. 6).

На этом мы завершаем очередной комплексный обзор из шести частей. Результаты дальнейших наблюдений за рынками систем высокопроизводительных вычислений будут предложены читателям в наших грядущих публикациях. 

Об авторе:

Павлов Сергей Иванович – *Dr. Phys.*, ведущий научный сотрудник Лаборатории математического моделирования окружающей среды и технологических процессов Латвийского университета (Sergejs.Pavlovs@lu.lv), автор аналитического *PLM*-журнала “*CAD/CAM/CAE Observer*” (sergey@cadcamcae.lv).

Литература

1. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2015–2016 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть I. Суперкомпьютеры // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2016, №5, с. 4–17.
2. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2015–2016 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть II. Серверы, компьютеры, планшетики, смартфоны // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2016, №6, с. 85–96.
3. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2015–2016 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть III. Процессоры // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2016, №7, с. 73–78.
4. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2015–2016 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть IV. Облачные вычисления // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2016, №8, с. 80–88.
5. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2015–2016 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть V. Итоги года // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2017, №1, с. 74–83.
6. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2012–2013 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть V. Прогнозы развития информационных технологий // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2014, №2, с. 89–94.
7. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2013–2014 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть V. Планы и прогнозы // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2015, №2, с. 65–74.
8. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2014–2015 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть V. Планы и прогнозы // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2016, №2, с. 77–86.