Системы высокопроизводительных вычислений в 2016–2017 годах: обзор достижений и анализ рынков

Часть VI. Планы и прогнозы

Сергей Павлов, Dr. Phys.

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 пятый раз. Что же касается периода 2016–2017 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 был 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 2016 году.

Из высокотехнологичных компаний в 2016 году в первую десятку лидеров по размеру инвестиций в создание новых продуктов вошли: *Alphabet/Google* (2-е место), *Microsoft* (3-е место), *Samsung* (4-е место), *Intel* (5-е место), *Huawei* (6-е место) и *Apple* (7-е место). Перемещения в сравнении с раскладом на 2015 год следующие: *Alphabet* – с 4-го места на 2-е, *Microsoft* – с 5-го места на 3-е, *Huawei* – с 8-го места на 6-е. Таким образом, компания *Samsung* съехала со 2-го места на 4-е, а *Intel* отодвинули с 3-го места на 5-е.

Хочется отметить, что в 2016 году в эту десятку впервые вошла *Apple* (самая дорогая компания в мире по состоянию на конец 2017 года) с показателем 9.529 млрд. евро, поднявшаяся вверх сразу на четыре ступени: в 2015 году она занимала 11-е место с показателем 7.410 млрд. евро. Еще годом ранее, в 2014-м,

R&D expenses for 2013÷2016 of Top10 companies-leaders in 2016 according to annual research "EU Industrial R&D Scoreboard"

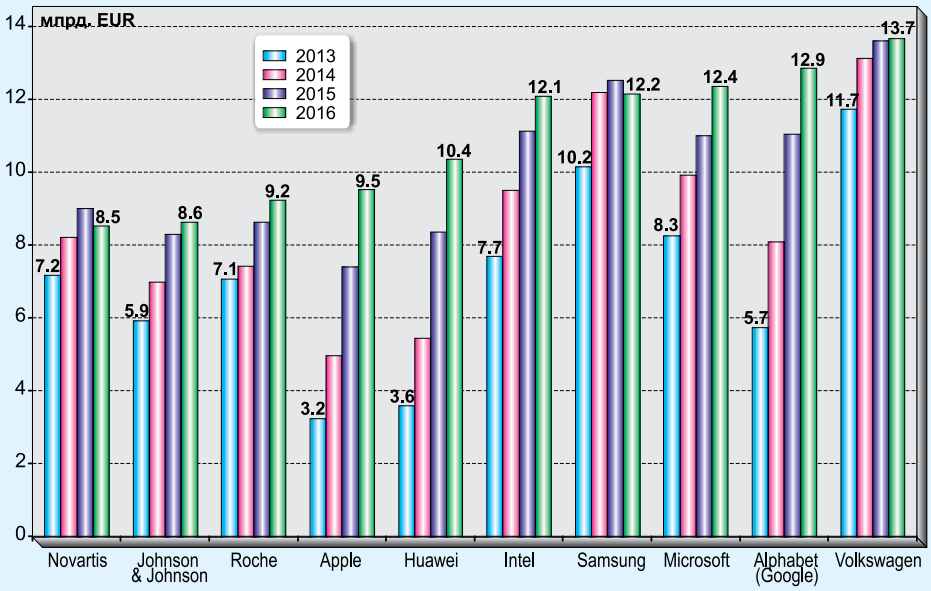


Рис. 1. Расходы на НИОКР в 2013–2016 гг. у первой десятки компаний, лидировавших по этому показателю в 2016 г. (по данным EU Industrial R&D Scoreboard)

CAD/CAM/CAE Observer по данным исследования *"EU Industrial R&D Scoreboard"*

её *R&D*-инвестиции составляли “всего лишь” 4.976 млрд. евро (18-е место).

Компания *Apple* в 2016 году сократила своё отставание по вложениям в исследования от ближайшего конкурента на рынке подключаемых к интернету “умных” устройств – компании *Samsung*. Южно-корейский гигант выложил на эти цели почти в 1.3 раза больше: 12.154 млрд. евро. Напомним, что в 2015 году *Apple* инвестировала в исследования примерно в 1.7 раза меньше конкурента (*Samsung* –12.528 млрд. евро), в 2014 году – примерно в 2.5 раза меньше (*Samsung* – 12.187 млрд. евро), а в 2013 году инвестиции *Apple* (3.245 млрд. евро, 35-е место) были в 3.1 раза меньше, чем у *Samsung* (10.155 млрд. евро, 2-е место).

Интересно сравнить и “яблочные” показатели с “азбучными”. Холдинг *Alphabet* в лице “системообразующей” компании *Google* инвестирует в исследования щедрее: в 2016 году – почти в 1.4 раза больше (12.864 млрд. евро), 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 25 лет бессменно возглавляет *Top50* по числу ежегодно регистрируемых патентов. В 2017 году ею был установлен **новый абсолютный рекорд – 9043 патентов**, что на 953 единицы больше, чем предыдущий абсолютный рекорд, установленный в 2016-м (8090 патентов), который в свою очередь был на 735 единиц 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 2017 году 5837 патентов – это примерно в полтора раза меньше, чем у лидера. Результаты 2016, 2015 и 2014 годов у *Samsung* составляли 5518, 5072 и 4952 патента соответственно.

Отметим также значительные перемещения в рейтинге двух ведущих чипмейкеров. Компания *Intel* за четыре года поднялась с 18-го места (1455 патентов в 2013 году) на 4-е (3023 патента в 2017 году). Еще более стремительной оказалась компания *TSMC:* за четыре года она скакнула с

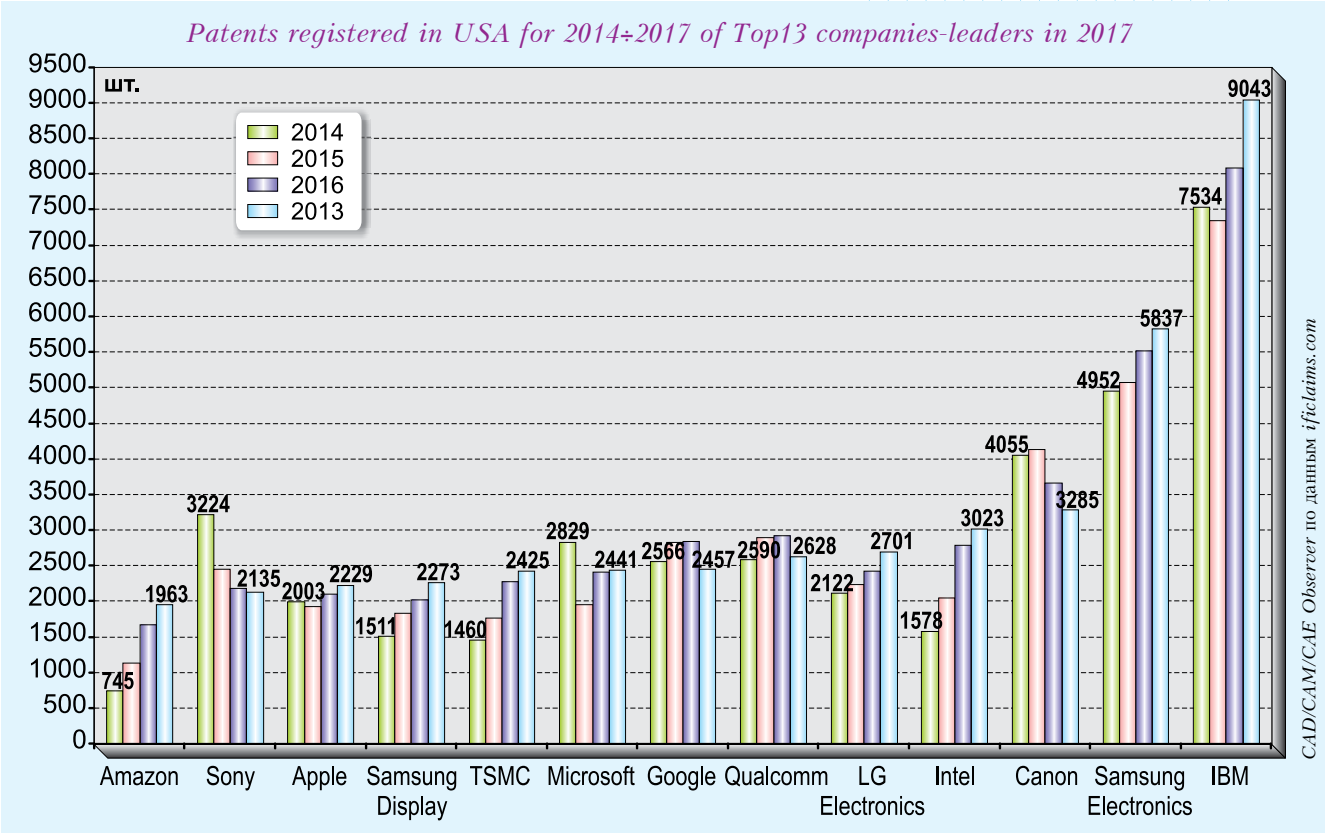


Рис. 2. Число патентов, зарегистрированных в США в 2014–2017 гг., у 13-ти компаний, ставших лидерами по этому показателю в 2017 году

35-го места (941 патент в 2013 году) на 9-е место (2425 патентов в 2017 году).

Компания *Apple* (которая, в дополнение к своим хардверно-софтверным подвигам, теперь считается еще и одним из крупнейших бесфабричных чипмейкеров) на протяжении уже четырех лет, в 2014–2017 годах, стабильно занимает 11-е место, которое ей обеспечили 2003, 1938, 2102 и 2229 патентов соответственно.

Кроме того, обратим внимание читателей на гигантский скачок рейтинга ведущего поставщика облачных услуг. Компания *Amazon*, впервые попавшая в этот *Top50* в 2014 году, поднялась с 50-го места (745 патентов) на 13-е (1963 патента в 2017 году).

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.

Табл. 1. Расходы на НИОКР в 2014–2016 гг. и места́, занимаемые лидерами рассматриваемых рынков (по данным *EU Industrial R&D Scoreboard*)

Компания	2014 г.		2015 г.		2016 г.	
	Место	*R&D* млрд. *EUR*	Место	*R&D* млрд. *EUR*	Место	*R&D* млрд. *EUR*
Alphabet (Google)	6	8.098	4	11.054	2	12.864
Microsoft	3	9.922	5	11.011	3	12.368
Samsung	2	12.187	2	12.528	4	12.155
Intel	4	9.503	3	11.140	5	12.086
Huawei	15	5.441	8	8.358	6	10.363
Apple	18	4.976	11	7.410	7	9.529
Oracle	22	4.550	19	5.316	17	5.843
Cisco	16	5.112	17	5.701	18	5.748
IBM	25	4.336	27	4.515	26	4.939
Nokia	41	2.718	54	2.502	27	4.904
Qualcomm	23	4.511	25	5.043	28	4.887
Sony	37	3.170	39	3.569	41	3.634
LG	46	2.597	48	2.718	50	2.725
Dell Technologies	–	–	–	–	51	2.692
EMC	39	2.916	56	2.437	–	–
Broadcom	60	1.955	142	0.964	55	2.537
Hewlett-Packard Enterprise	–	–	–	–	62	2.180
TSMC	79	1.477	70	1.827	63	2.092
ZTE	83	1.387	65	1.954	70	1.861
MediaTek	104	1.127	98	1.380	84	1.636
NXP Semiconductors	179	0.628	178	0.734	98	1.441
Fujitsu	84	1.384	100	1.371	101	1.413
NVIDIA	105	1.120	112	1.223	104	1.388
Texas Instruments	106	1.119	118	1.176	114	1.300
STMicroelectronics	117	1.059	120	1.149	119	1.229
Lenovo	128	0.958	106	1.285	121	1.190
Salesforce	174	0.657	152	0.875	125	1.153
Hewlett-Packard	40	2.839	42	3.217	126	1.147
AMD	143	0.883	154	0.870	151	0.956
Adobe	167	0.695	167	0.792	156	0.926
Amazon	206	0.528	215	0.590	259	0.485
ASUS	343	0.296	324	0.361	312	0.391
HTC	295	0.339	306	0.383	363	0.322
BlackBerry (Research in motion)	190	0.586	273	0.431	405	0.287
Cray	947	0.077	951	0.089	894	0.106
Acer	1066	0.066	1290	0.058	1351	0.060
ARM Holdings	362	0.279	331	0.352	–	–

Запланированное покорение технологических вех

Теперь кратко остановимся на планируемых достижениях высокотехнологичных компаний, которые могут рассматриваться как вехи в технологическом развитии ИКТ отрасли.

✓ Строительство прототипа экзафлопсного суперкомпьютера

В завершающей части прошлогоднего обзора [6] мы проиллюстрировали острую конкуренцию за лидерство на мировом рынке *HPC*, перечислив анонсы крупнейших суперкомпьютеростроителей, стремящихся первыми достичь промежуточного финиша на пути создания экзафлопсного (10^{18} операций с плавающей точкой в секунду) вычислительного монстра.

На данный момент все мы пребываем в состоянии ожидания, кто первым покорит отметку в 200 петафлопс. На первый взгляд, ближе всех к ней находится американская компания *IBM*, которая в конце 2017 года приступила к инсталляции суперкомпьютера *Summit*, который представляет собой гибридную систему, базирующуюся на новых процессорах от "голубого гиганта" – *IBM POWER9* – и графических ускорителях *Volta* компании *NVIDIA*.

Однако интригу здесь вносит информация, появившаяся в самом конце января 2018 года, о строительстве в Китае суперкомпьютера с пиковой производительностью, превышающей 200 петафлопс.

Остается дождаться публикации в июне 2018 года очередного списка мирового рейтинга суперкомпьютеров *Top500*…

✓ Освоение передовых технологических норм производства полупроводниковых приборов

В четвертой части нашего обзора [4] мы уже рассказали о достижении компании *IBM*, продемонстрировавшей первые 5-нанометровые чипы, созданные в сотрудничестве с *GlobalFoundries* и *Samsung Electronics*, а также о планах *TSMC* – тайваньского контрактного производителя, который в конце января 2018 года объявил о начале строительства завода для производства чипов в соответствии с технологической нормой 5 *nm*.

Ну а пока мы следим за соревнованием чипмейкеров, стремящихся стать первыми в массовом производстве 7-нанометровых чипов…

Прогнозы

Прежде чем перейти к прогнозам на 2018 год, подготовленным аналитическими компаниями ***Gartner*** и ***IDC***, которые традиционно появляются в завершающей части нашего обзора, обратим внимание читателей на прогноз американской компании ***Strategy Analytics*** (штаб-квартира в Бостоне, шт. Массачусетс) в отношении мирового парка устройств, подключенных к интернету.

Strategy Analytics: парк устройств интернета вещей в 2018–2021 гг.

К 2021 году база инсталлированных в мире устройств интернета вещей (*Internet of Things*, *IoT*) и подключенных к интернету устройств будет насчитывать свыше 30 млрд. штук (рис. 3). Прирост в период с 2018 по 2021 гг. составит более 50%, а к 2030 году общее число таких устройств достигнет 50 млрд.

Число *IoT*-устройств в период с 2018 по 2021 гг. будет прирастать в среднем на +9% за год. В качестве сравнения: этот показатель за 2017 год составляет +17%. Кроме того, отмечается, что на конец 2017 года доля *IoT*-устройств, применяемых предприятиями (*Enterprise IoT*), составляет 52%.

Еще одна любопытная информация: к 2021 году суммарное число "умных" бытовых устройств превысит число смартфонов.

В соответствии с подсчетами аналитиков, на долю

Worldwide installed base of connected devices and IoT devices for 2007÷2017 and forecast for 2018–2021 (October, 2017)

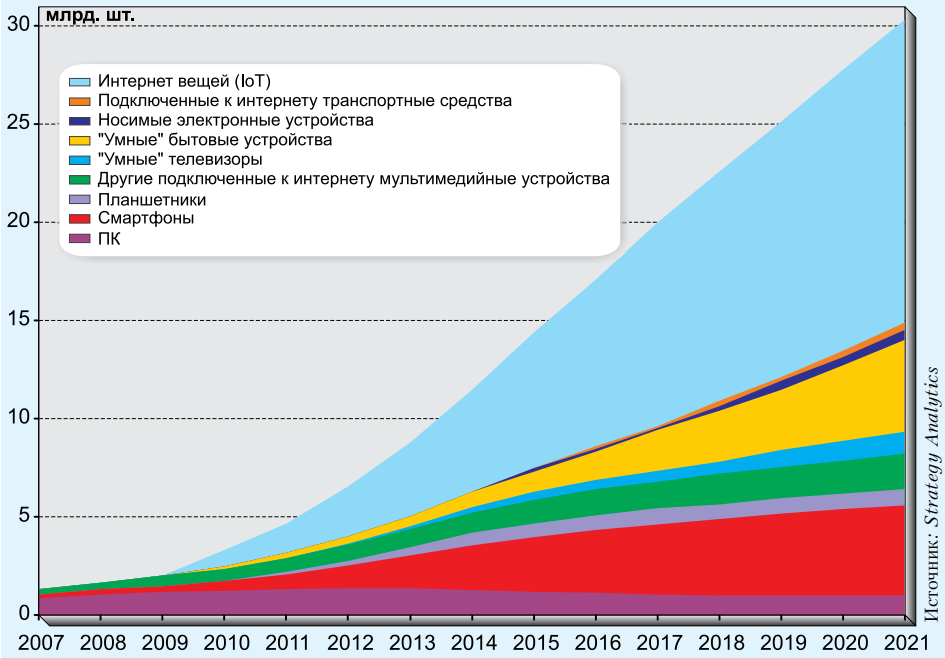


Рис. 3. Мировой парк инсталлированных устройств, подключенных к интернету, и устройств для интернета вещей в 2007–2017 гг. и прогноз на 2018–2021 гг. (октябрь 2017 года)

традиционных персональных компьютеров по состоянию на конец 2017 года приходилось всего лишь 5% (в натуральном исчислении).

Здесь уместно напомнить об эволюции форм-факторов ПК и о прогнозе компании *IDC* четырехлетней давности на период 2013–2015 гг. [7, рис. 1]. В памяти само собой всплывает ироническое высказывание Марка Твена о том, что слухи о смерти (в данном случае – об исчезновении ПК) сильно преувеличены. Чтобы убедиться в этом, достаточно объединить "легенды" двух диаграмм – нынешней (рис. 3) и четырехлетней давности [7, рис. 1].

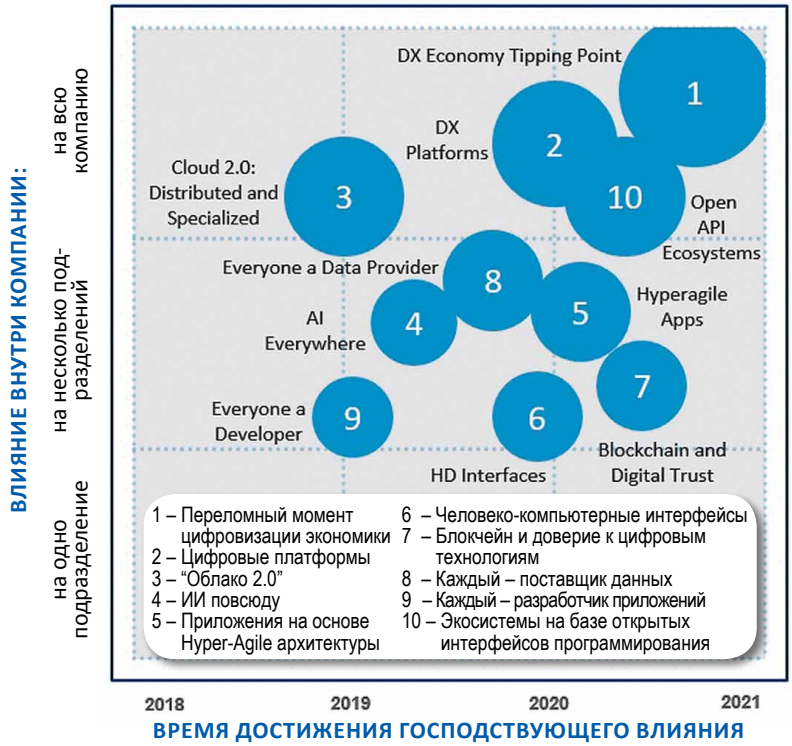
IDC: ключевые тенденции 2018 года

По традиции, десятку ключевых технологических тенденций мировой *IT*-индустрии, которые будут преобладать в 2018 году, представил ***Frank Gens***, старший вице-президент и главный аналитик компании *IDC* (презентация *IDC FutureScape* состоялась 31 октября 2017 года). Желающих освежить в памяти предыдущие топы-10, подготовленные *IDC*, отсылаем к нашим публикациям [6, 8, 9].

Для наглядности тенденции были представлены в виде диаграммы (рис. 4). Итак, вертикальная ось отражает степень влияния изменений, связанных с внедрением новых технологий, на предприятие в целом или на его подразделения (*Organizational Impact*). Размер каждого кружка́ на диаграмме (*Bubble Diagram*) отражает сложность освоения или объем необходимых инвестиций при внедрении новых технологий. По горизонтальной оси отложено время достижения каждой из технологий господствующего влияния на рынке (*Time To Mainstream*). Считается, что технология достигла господствующего влияния, если её внедряют 40÷60% предприятий, которые встали на путь перевода своего бизнеса на цифровые "рельсы" (*Digital Transformation*, ***DX***).

Теперь сделаем беглый обзор новейшего топа-10 компании *IDC*. Как обычно, отличия от прошлогоднего списка [6] предлагаем читателям поискать своими силами. В качестве подсказки аналитики *IDC* поведали, что, поскольку коренные преобразования бизнеса предприятий длятся не один год, шесть из десяти тенденций уже рассматривались в предыдущем топе-10. Однако в нынешней редакции фиксируется значительное ускорение внедрения технологий предприятиями, заинтересованными в цифровом преобразовании их бизнеса.

Worldwide IT industry key technology trends for 2018 from IDC analytics (October, 2017) ("Bubble" size indicates implementation complexity or necessary investment volume)



Источник: *IDC*

Рис. 4. Ключевые технологические тенденции мировой IT-индустрии в 2018 году – прогноз от IDC, октябрь 2017 г. (размер пузырька отражает сложность внедрения или объем необходимых инвестиций)

1 Переломный момент цифровизации экономики (*DX Economy*)

К 2021 году почти 50% мирового ВВП будет создаваться предприятиями, бизнес которых находится в стадии цифровизации.

К 2020 году потенциальные инвесторы при оценке инвестиционной привлекательности будут рассматривать в качестве важного фактора наличие у предприятия цифровой платформы для обработки данных и общения с клиентами.

К концу 2019 года мировые расходы на цифровизацию возрастут на +42% в сравнении с 2017 годом и достигнут 1.7 трлн. долларов.

2 Цифровые платформы (*DX Platforms*)

К 2020 году порядка 60% предприятий в мире будут иметь ясное представление о стратегии цифровизации и построения цифровой платформы как *IT*-ядра предприятия, что станет необходимым условием участия в конкурентной борьбе на ниве цифровой экономики.

3 Расширение возможностей "Облака 2.0"

Расходы предприятий на облачные сервисы, а также на приобретение аппаратных средств, ПО и сервисов

для обеспечения облачных вычислений (*Cloud Computing*) к 2021 году удвоятся и превысят 530 млрд. долларов.

Облачная среда станет более разнообразной:

- более 15% запросов пользователей будет приходиться на долю специализированных (не-*x86*) компьютерных систем, использующих графические процессоры (*GPU*), программируемые матрицы (*FPGA*), нейронные и квантовые вычислительные устройства;
- более 90% предприятий будут использовать мультиоблачность (*Multicloud*) – то есть *IT*-инфраструктура предприятий будет развертываться в расчете на сочетание возможностей нескольких платформ и предложений нескольких провайдеров, без привязки к одному поставщику облачных услуг;
- граничные, или периферийные вычисления (*Edge Computing*) обеспечивают обработку данных в том месте, где они генерируются (а не централизовано в ЦОД), что снижает нагрузку на каналы передачи. Многие компании ежегодно будут тратить на апгрейд своих периферийных сетевых и вычислительных устройств и хранилищ данных больше, чем на центры обработки данных, так как свыше 20% экземпляр-контейнеров будут запускаться на периферии (планшеты, смартфоны и пр.).

4 Искусственный интеллект повсюду

К 2019 году 40% работ по цифровизации будут проводиться с помощью сервисов с элементами искусственного интеллекта (*Artificial Intelligence, **AI***). К 2021 году 75% коммерческих корпоративных приложений (*Commercial Enterprise Apps*) будут содержать элементы искусственного интеллекта (**ИИ**). При коммуникациях предприятий с клиентами более чем в 90% случаев будут применяться программы-боты (*Bot*). Свыше половины новых индустриальных роботов будут иметь элементы ИИ.

5 Приложения на базе *Hyper-Agile* архитектуры

К 2021 году в корпоративных приложениях (*Enterprise Apps*) всё больше станет применяться

Табл. 2. Количество патентов, зарегистрированных в США лидерами рассматриваемых рынков, и их места в *Top50* по этому показателю в 2014–2017 гг.

Компания	2014 г.		2015 г.		2016 г.		2017 г.	
	Место	Количество патентов	Место	Количество патентов	Место	Количество патентов	Место	Количество патентов
IBM	1	7 534	1	7 355	1	8 090	1	9 043
Samsung	2	4 952	2	5 072	2	5 521	2	5 837
Intel	16	1 578	9	2 048	6	2 793	4	3 023
LG Electronics	9	2 122	8	2 242	7	2 430	5	2 701
Qualcomm	7	2 590	4	2 900	4	2 925	6	2 628
Google	8	2 566	5	2 835	5	2 842	7	2 457
Microsoft	5	2 829	10	1 956	8	2 410	8	2 441
TSMC	23	1 460	13	1 774	9	2 288	9	2 425
Apple	11	2 003	11	1 938	11	2 103	11	2 229
Sony	4	3 224	7	2 455	10	2 184	12	2 135
Amazon	50	745	26	1 136	14	1 672	13	1 963
Fujitsu	13	1 820	19	1 467	17	1 568	19	1 538
Huawei	48	775	44	800	25	1 202	20	1 474
Cisco	32	1 095	36	960	34	978	31	967
Texas Instruments	44	833	43	808	39	888	36	923
GlobalFoundries	–	–	60	609	22	1 410	40	853
Foxconn	18	1 537	29	1 083	44	803	–	–
BlackBerry (Research In Motion)	–	–	30	1 071	45	771	–	–
Hewlett-Packard	17	1 474	22	1 304	–	–	–	–
Всего у компаний – участников обозреваемых рынков		**39 137**		**39 813**		**42 878**		**42 637**
Доля от общего числа патентов в *Top50*		**47.7%**		**50.4%**		**52.7%**		**51.6%**
Общее число патентов в *Top50*		**82 092**		**79 053**		**81 311**		**82 562**

архитектура, обеспечивающая гибкую перенастройку под требования пользователя (*Hyper-Agile Architecture*). Порядка 80% приложений будет разрабатываться на облачных платформах (*Platform as a Service,* ***PaaS***) с использованием микросервисов и облачных функций (например, предлагаемых в *AWS Lambda* и *Azure*).

Более 95% новых микросервисов будет разворачиваться в контейнерах, таких как *Docker* (это ПО автоматизирует развертывание и управление приложениями в среде виртуализации на уровне ОС, что позволяет упаковать приложение, со всеми зависимостями и окружением, в контейнер, который можно перенести в любую *Linux*-систему, поддерживающую на уровне ядра механизм разделения вычислительных ресурсов (*cgroups*) для иерархически организованных групп процессоров).

6 Человеко-компьютерные интерфейсы

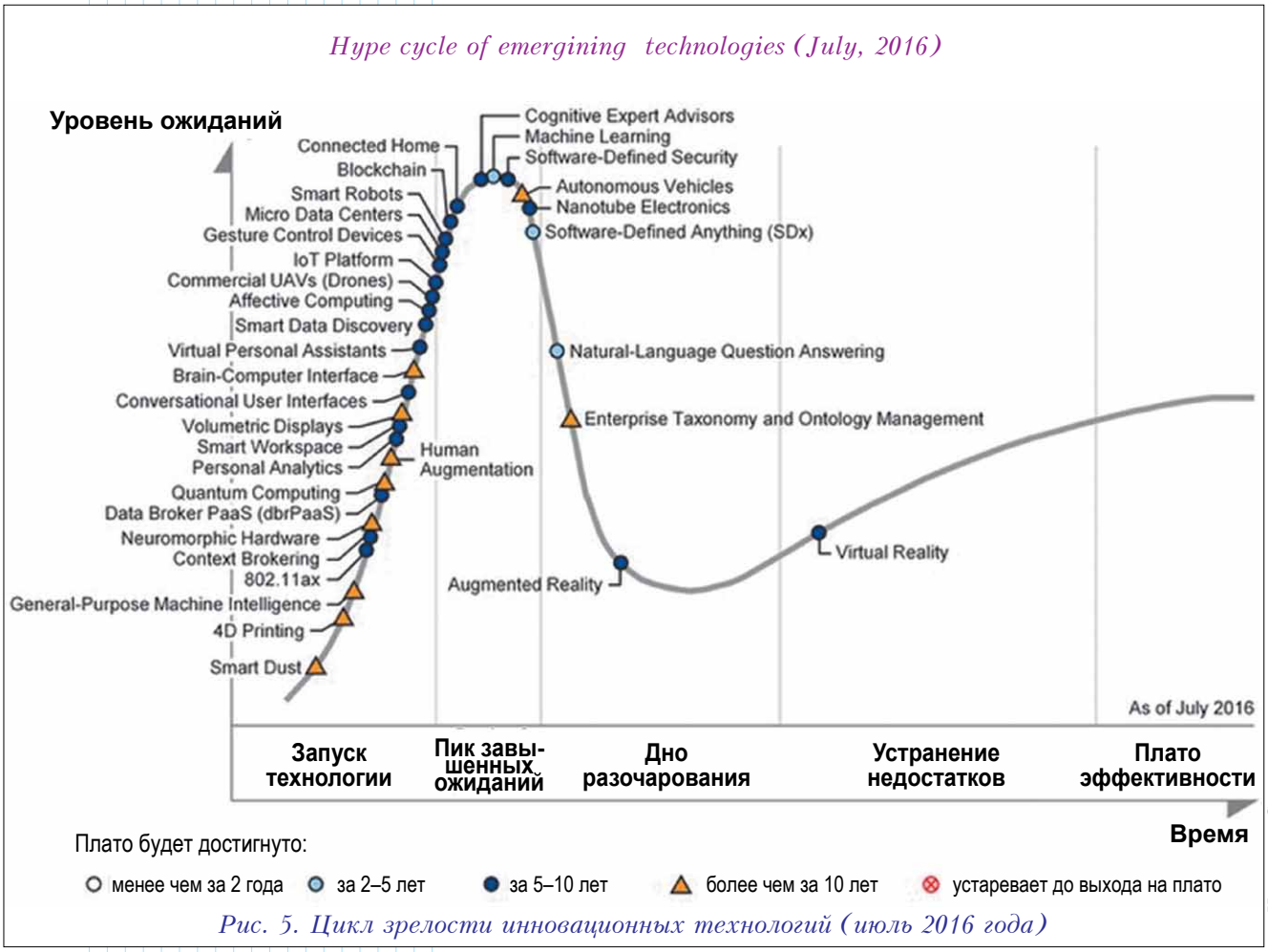
К 2020 году человеко-компьютерные интерфейсы (*Human-Digital Interface*) станут более разнообразными. Четверть выездных сервисных технических специалистов и свыше 25% сотрудников, связанных с обработкой информации (*Info Workers*), будут пользоваться интерфейсами с дополнительной реальностью (*Augmented Reality,* ***AR***). Голосовой интерфейс станет основным в половине новых мобильных приложений. Половина компаний из списка *Global 2000* будет применять биометрические сенсоры для аутентификации клиентов.

7 Блокчейн и доверие к цифровым технологиям

К 2021 году почти 25% компаний из списка *Global 2000* будет пользоваться блокчейн-сервисами, которые позволят поддерживать доверие к цифровым технологиям на должном уровне. К 2020 году четверть ведущих банков, обеспечивающих глобальные транзакции, порядка 30% производителей и предприятий розничной торговли, а также 20% медицинских организаций будут применять децентрализованные сети (*Blockchain Networks*).

8 Каждый – поставщик данных (*Data Provider*)

К 2020 году 90% крупных предприятий будут получать доход, предоставляя данные как услугу (*Data as a Service,* ***DaaS***) и монетизируя информацию – в том числе первичные данные (*Raw Data*),



Источник: *Gartner*

Рис. 5. Цикл зрелости инновационных технологий (июль 2016 года)

производные показатели (*Derived Metrics*), результаты анализа (*Insights*) и рекомендации. Объем услуг в сравнении с 2017 годом вырастет почти на 50%.

9 Каждый – разработчик приложений

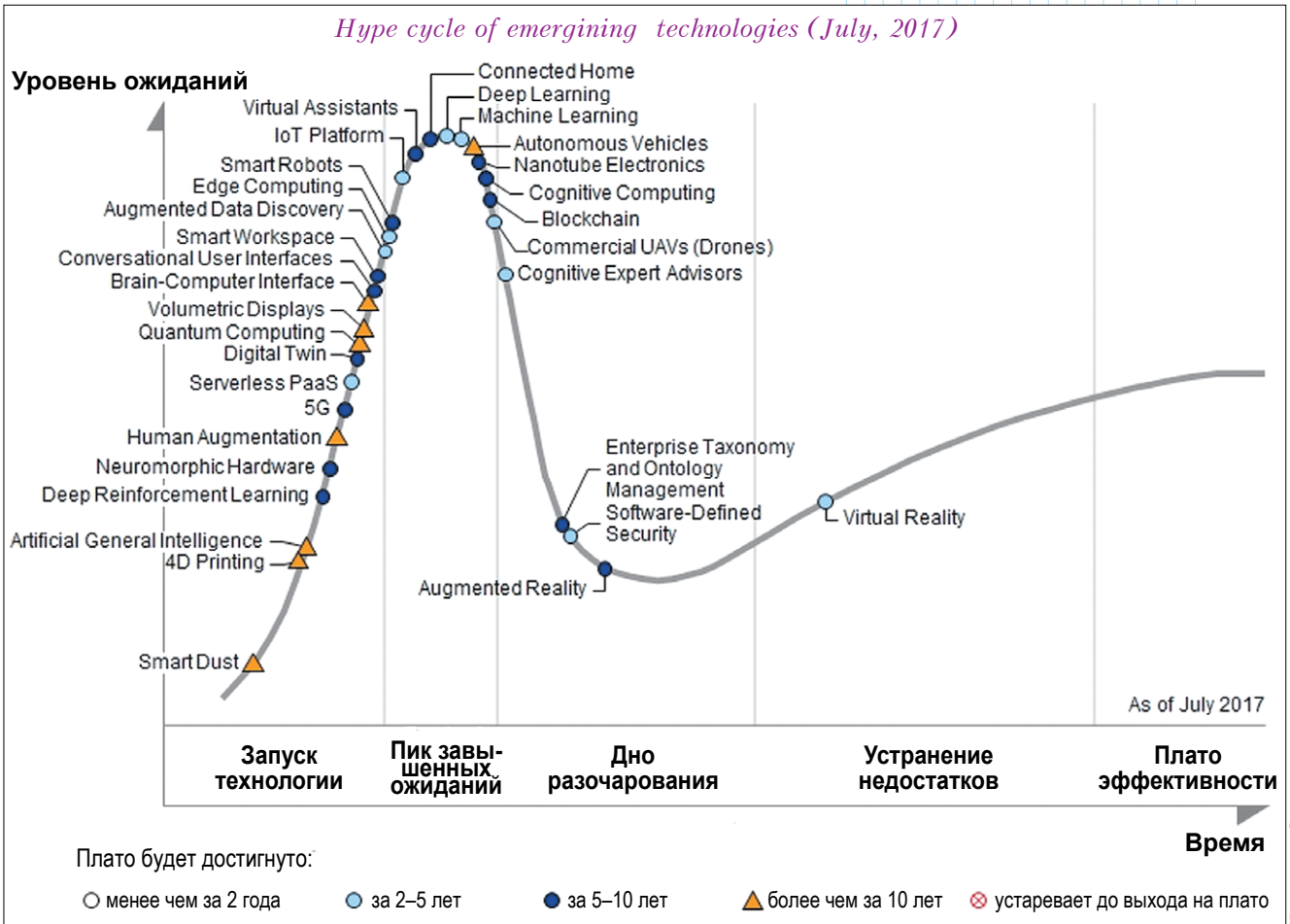
В предстоящие три года распространение простых средств разработки приложений – на основе платформ, требующих минимального написания программного кода (*Low Code*) или вовсе не требующих (*No Code*) – приведет к существенному расширению круга софтверных разработчиков, которые не являются профессиональными программистами. К 2021 году такие непрофессионалы создадут 20% бизнес-приложений (*Business Applications*). Кроме того, непрофессионалам будет принадлежать авторство в разработке новых функций для приложений (*New Application Features*). В 2021 году объем созданного непрофессионалами функционала достигнет 30%, а к 2027 году – уже 60%.

10 Экосистемы на базе открытых интерфейсов программирования

К 2021 году более половины компаний из списка *Global 2000* создадут экосистемы на базе открытых интерфейсов программирования приложений (*Open API*), через которые будет осуществляться более трети взаимодействий с клиентами, пользующимися цифровыми сервисами этих компаний. Таким образом, эти технологии, в 2017 году находившиеся в зачаточном состоянии, продемонстрируют стремительный рост.

Gartner: циклы зрелости инновационных технологий в 2017 году

Наиболее продолжительным проектом *Gartner* является ежегодно публикуемое описание циклов зрелости инновационных технологий (*Hype Cycle For Emerging Technologies*), объединяющее 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 (*R&D*) новых изделий, коллективам разработчиков инновационных технологий, предпринимателям и другим. Циклы зрелости позволяют заинтересованным компаниям и организациям наблюдать в динамике за процессом созревания технологий,



Источник: *Gartner*

Рис. 6. Цикл зрелости инновационных технологий (июль 2017 года)

анализировать их прибыльность, а также реакцию рынка на инновации.

Циклы зрелости инновационных технологий в 2017 году по традиции представил ***Mike J. Walker***, директор по исследованиям компании *Gartner*. В общей сложности исследования охватывают свыше двух тысяч компьютерных технологий, часть из которых отображена на рис. 6. Принятые обозначения подробно обсуждались в [8, рис. 1].

В качестве разминки перед чтением нашего пересказа комментариев, подготовленных гартнеровскими аналитиками, предлагаем читателям "найти 10 отличий" в циклах зрелости инновационных технологий, опубликованных компанией *Gartner* в июле 2016 года (рис. 5) и июле 2017-го (рис. 6), а также в комментариях к ним. Желающих освежить в памяти предыдущие циклы зрелости, подготовленные *Gartner*, отсылаем к нашим предыдущим публикациям [6, 8–10].

В процессе анализа циклов зрелости инновационных технологий в 2017 году компания *Gartner* сформулировала следующие **три ключевые тенденции** технологического развития на ближайшее будущее:

1 Искусственный интеллект – везде

В предстоящее десятилетие технологии ИИ будут относиться к классу прорывных. Развитие технологий 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*). Обладание технологиями ИИ, которые позволят обработать громадные объемы данных, позволит организациям 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:

- глубокое обучение (*Deep Learning*) представляет собой совокупность методов машинного обучения, основанных на обучении представлениям, а не на специализированных алгоритмах для конкретных задач;
- *Deep Reinforcement Learning* – обучение с подкреплением представляет собой один из способов машинного обучения, когда испытуемая система обучается при взаимодействии с некоторой средой;
- *Artificial General Intelligence* – направление развития ИИ, полагающее, что некоторые формы так называемого "сильного" ИИ действительно могут обосновывать и решать проблемы;
- беспилотные транспортные средства (*Autonomous Vehicles*);
- когнитивные вычисления (*Cognitive Computing*) подразумевают создание технологических платформ, объединяющих элементы ИИ и обработку сигналов;
- коммерческие беспилотные летательные аппараты – дроны;
- диалоговые пользовательские интерфейсы с элементами ИИ, имитирующие человеческое общение (*Conversational User Interfaces*);
- управление систематизацией и формализацией корпоративных данных (*Enterprise Taxonomy and Ontology Management*);
- машинное обучение (*Machine Learning*) – подраздел искусственного интеллекта, использующий различные математические методы для выявления закономерностей и получения знания из эмпирических данных;
- "умные" электромеханические микроустройства (*Smart Dust*);
- "умные" роботы (*Smart Robots*);
- "умное" рабочее место (*Smart Workspace*).

2 Стирание границ при взаимодействии между людьми, организациями и подключенными к интернету вещами

В 2018 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*). По мере эволюции технологий взаимосвязи будут становиться всё более тесными и глубокими: они должны стать более адаптивными, учитывающими контекстное окружение, и текучими – внутри рабочих помещений, дома и при взаимодействии организаций с людьми.

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;
- расширенная или дополненная реальность (*Augmented Reality*) – наложение виртуальных элементов (рисунки, пояснения и пр.) на изображение физического объекта в режиме реального времени;
- нейрокомпьютерный интерфейс (*Computer-Brain Interface*);
- "умный" дом (*Connected-Home*);
- улучшение человеческого организма, расширение возможностей человека (*Human Augmentation*);
- электроника на основе углеродных нанотрубок (*Nanotube Electronics*);
- виртуальная реальность (*Virtual Reality*) – сгенерированное компьютером *3D*-окружение, зачастую подразумевающее использование соответствующих шлемов или очков и сенсорной обратной связи;

• стереоскопические дисплеи (*Volumetric Displays*).

3 Развитие компьютерных платформ

Инновационные технологии революционно изменяют подходы к разработке и применению компьютерных платформ, обеспечивающих обработку необходимого объема данных и предоставляющих развитые вычислительные возможности. 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.

Ключевые технологии, на которые следует обратить внимание, включают:

• *5G* – пятое поколение мобильной связи, обеспечивающее более высокую пропускную способность по сравнению с *4G*. В настоящее время разрабатываются стандарты телекоммуникаций;

• цифровой двойник (*Digital Twin*) физических объектов, процессов или систем;

• граничные вычисления (*Edge Computing*) представляют собой метод оптимизации облачных вычислений, когда обработка данных осуществляется на границе сети передачи данных, вблизи источника данных;

• цепочка блоков транзакций (*Blockchain*) – технология надежного распределенного хранения достоверных данных о чём угодно (выданных кредитах, правах на собственность, переводах виртуальных денег и т.д.);

• платформы для интернета вещей (*IoT Platform*);

• нейроморфические чипы (*Neuromorphic Hardware*), архитектура которых базируется на данных нейробиологии – дисциплины, изучающей физиологию, строение, развитие мозга и нервной системы;

• квантовые вычисления (*Quantum Computing*);

• бессерверная платформа как услуга (*Serverless PaaS*) представляют собой модель предоставления облачных ресурсов, когда провайдер динамически управляет выбором месторасположения облачных ресурсов;

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

Несколько слов вместо заключения

Надеемся, что дополняющие друг друга прогнозы компаний *IDC* и *Gartner* помогут читателям составить некоторую более-менее целостную композицию в отношении вероятных путей развития технологий в 2018 году и в ближайшей перспективе.

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 2016–2017 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть I. *HPC*-системы, серверы, облачная *IT*-инфраструктура // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2017, №4, с. 6–15.

2. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2016–2017 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть II. Суперкомпьютеры // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2017, №5, с. 71–86.

3. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2016–2017 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть III. Компьютеры, планшетники, смартфоны // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2017, №7, с. 6–14.

4. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2016–2017 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть IV. Процессоры // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2017, №8, с. 55–66.

5. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2016–2017 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть V. Итоги года // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2018, №1, с. 70–81.

6. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2015–2016 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть VI. Планы и прогнозы // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2017, №2, с. 58–70.

7. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2012–2013 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть IV. Итоги года // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2014, №1, с. 89–95.

8. 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.

9. 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.

10. 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.