

Системы высокопроизводительных вычислений в 2018–2019 годах: обзор достижений и анализ рынков

Часть II. HPC-системы

Сергей Павлов, Dr. Phys.

Внимание читателей предлагается вторая часть обзора систем высокопроизводительных вычислений (ВПВ) или *High-Performance Computing (HPC)*. Опубликованная в этом же номере первая часть [1] дала старт очередному комплексному обзору, выходящему под уже привычной общей “шапкой”.

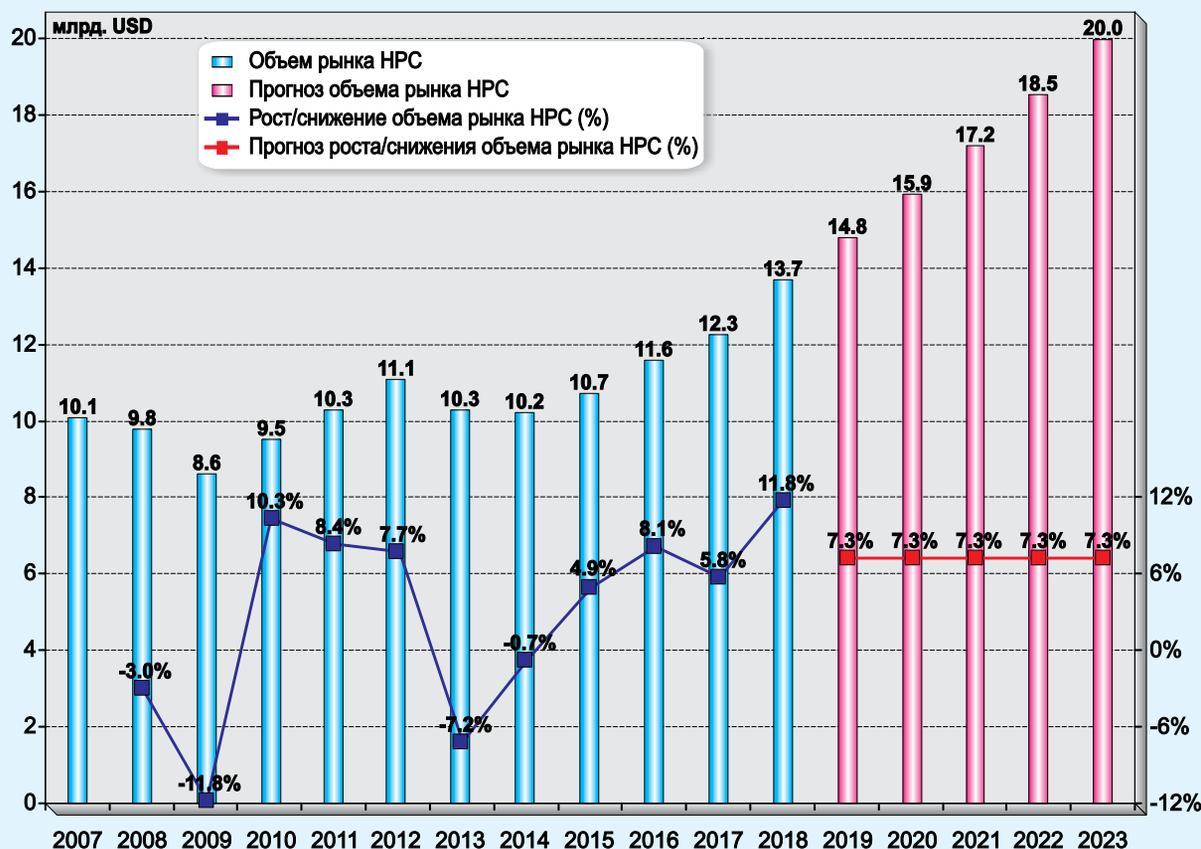
Во второй части актуализированная информация об интересующих нас сегментах компьютерного рынка распределена между следующими разделами:

1. Горячие новости для разогрева
 - HPE приобретает лидера суперкомпьютеростроения – компанию *Cray*
 - Экзафлопсные технологии от *Cray*
 - Начата строительство японского экзафлопсного суперкомпьютера *Fugaku*

2. Объем рынка HPC
3. Пятилетний прогноз для рынка HPC
4. Структура рынка HPC на основе классификации HPC-систем по стоимости
5. Пятилетний прогноз изменения структуры рынка HPC, основанной на стоимости HPC-систем
6. Классификация рынка HPC по областям применения HPC-систем
7. Основные финансовые показатели лидеров рынка HPC
8. Рынок HPC-систем как сегмент расширенного рынка HPC
9. Рынок HPC-систем как сегмент серверного рынка.

В ходе изложения мы будем опираться, главным образом, на данные систематических рыночных исследований, опубликованных в открытой печати

HPC market's size and growth rates for 2007–2018 as well as forecast for 2019–2023



CAD/CAM/CAE Observer по данным Hyperion Research (IDC)

Рис. 1. Объем и темпы роста/снижения рынка ВПВ в 2007–2018 гг., а также прогноз на 2019–2023 гг.

американской аналитической компанией **Hyperion Research** (<https://hyperionresearch.com>); её штаб-квартира находится в гор. Сент-Пол (шт. Миннесота).

Напомним, что **Hyperion Research** образовалась на базе **HPC group** компании **IDC** (www.idc.com), которая в составе материнской **International Data Group (IDG)** в январе 2017 года была приобретена китайскими инвестиционными компаниями **China Oceanwide Holdings Group Co.** и **IDG Capital**.

Таким образом, в представленных нами диаграммах будут сочетаться исторические данные компании **IDC** и, начиная с 2016 года, аналитика от **Hyperion Research**. Отметим, что новейшие цифры по 2018 году и прогнозы до 2023 года были обнародованы на мероприятии **The 72nd HPC User Forum**, проходившем с 1 по 3 апреля 2018 года в гор. Санта-Фе (шт. Нью-Мексико).

Все предыдущие публикации по этой тематике, включая новейшую аналитику [2, 3], по-прежнему свободно доступны на нашем сайте www.cad-cam-cae.ru.

Теперь, после вводной части, приступаем к делу.

1. Горячие новости для разогрева

Начнем с новости, которая уже в ближайшее время приведет к изменениям в расстановке сил на рынке **HPC**-систем и в суперкомпьютерной

табеле о рангах **Top500**. (В предыдущем обзоре этой тематике были посвящены публикации [2, 4], а в новом обзоре мы планируем рассмотреть её в настоящей части и в следующем номере, в части III.)

✓ **HPE** приобретает лидера суперкомпьютеростроения – компанию **Cray**

17 мая 2019 года было объявлено, что американская компания **Hewlett Packard Enterprise (HPE)** приобретает американскую же компанию **Cray**, которая с давних пор является символом мирового суперкомпьютеростроения. Сумма сделки составляет 1.3 млрд. долларов (или \$35 за одну кревскую акцию). Отметим, что за день до объявления о сделке торги завершили на отметке \$29.8 за акцию, что соответствует капитализации 1.1 млрд. долларов. Наценка составляет всего 17.5%, что, по всей видимости, отражает факт убыточности компании **Cray**: в 2018 году при выручке в размере 456 млн. долларов убытки составили 72 млн. долларов, а в I квартале 2019 года – 80 и 29 млн. долларов соответственно.

Отметим, что объявленная сделка стала крупнейшей в истории **HPE**, образовавшейся в результате разделения компании **Hewlett-Packard** в ноябре 2015 года. Эта сделка подтверждает курс **HPE** на расширение суперкомпьютерной

HPC market segments of HPC systems' price for 2015–2018 and forecast for 2023

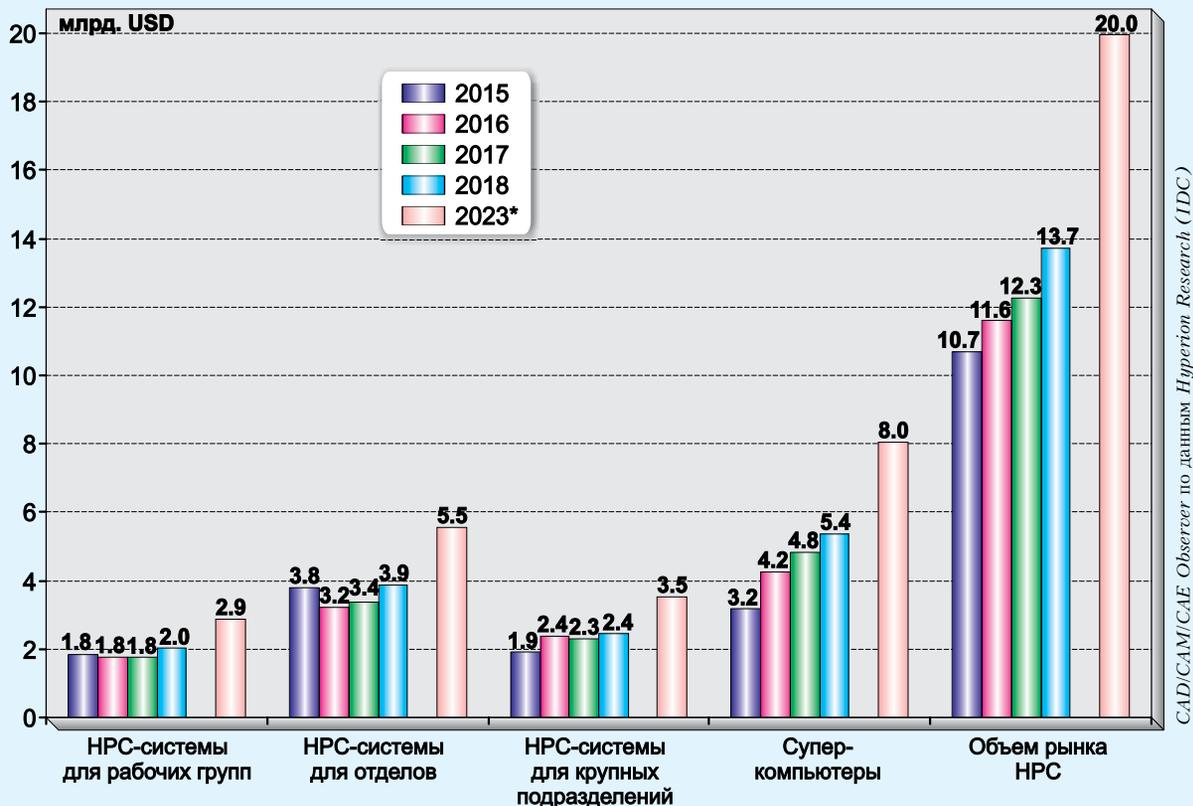


Рис. 2. Структура рынка ВПВ в 2015–2018 гг. и прогноз на 2023 г. в разрезе стоимости систем ВПВ

HPC market segments of HPC systems' price in 2018

Структура рынка HPC в 2018 году

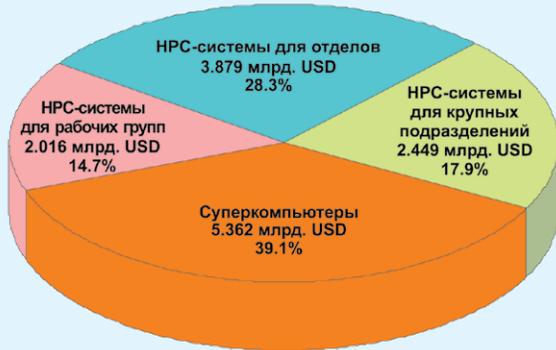


Рис. 3. Структура рынка ВПК в 2018 г. в разрезе стоимости систем ВПК

CAD/CAM/CAE Observer по данным Hyperion Research

HPC market segments of HPC systems' price – forecast for 2023

Прогнозируемая структура рынка HPC в 2023 году

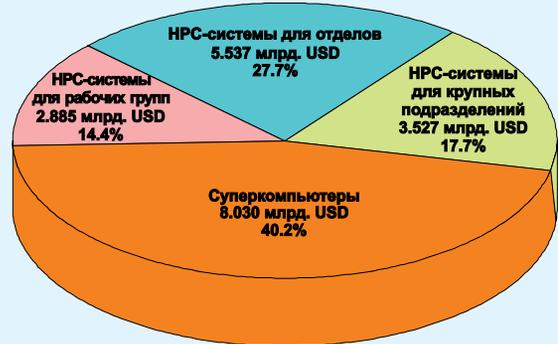


Рис. 4. Прогноз структуры рынка ВПК в 2023 г. в разрезе стоимости систем ВПК

CAD/CAM/CAE Observer по данным Hyperion Research

компетенции, начало которому было положено в августе 2016 года, когда за 275 млн. долларов была приобретена компания *Silicon Graphics International (SGI)*.

Приобретаемая компания *Cray* была основана в 1972 году Сеймуром Креем (*Seymour Cray*). В период с 1996 по 2000 гг. компания *Cray Research* являлась подразделением компании *Silicon Graphics*, которая потратила на эту покупку 767 млн. долларов. В 2000 году *Cray Research* была куплена компанией *Tera Computer*, при этом объединенная компания получила название *Cray Inc.* В ноябре 2012 года она присоединила суперкомпьютерную компанию *Appro International*, уплатив за это удовольствие 21.8 млн. долларов.

Текущие рыночные достижения компании *Cray* характеризуются так:

- 7-е место на рынке HPC-систем в 2018 году – с доходом 313 млрд. долларов;
- 4-е место по количеству инсталлированных систем (49 штук) и 3-е место по их суммарной производительности (192.964 Pflops) в 52-м списке *Top500*.

Позиции же компании *HPE* в настоящее время следующие:

- 1-е место на рынке HPC-систем по результатам 2018 года – с выручкой 4.766 млрд. долларов (данные аналитической компании *Hyperion Research*);
- 5-е место по количеству инсталлированных систем (46 штук) и 4-е место по их суммарной производительности (104.429 Pflops) в 52-м списке в международном суперкомпьютерном рейтинге *Top500* (ноябрь 2018 года).

Для объединенной компании *HPE+Cray* результаты в 52-м списке *Top500* были бы следующими: второе место по количеству инсталлированных систем (95 штук) и первое место по их суммарной производительности (297.392 Pflops). Посмотрим, что будет в 53-м списке...

✓ Экзафлопсные технологии от Cray

Катализаторами сделки между *HPE* и *Cray* послужили недавно заключенные компанией *Cray* серьезные контракты:

- 18 марта 2019 года стало известно, что компания *Cray* создает суперкомпьютер *Aurora* с производительностью более 1 экзафлопса (напомним, что 1 Eflops = 10^{18} flops). Контракт с Министерством энергетики США (*U.S. Department of Energy*) на сумму свыше 500 млн. долларов предусматривает установку системы в Аргоннской национальной лаборатории (*Argonne National Laboratory*) в 2021 году;
- 17 мая 2019 года было объявлено, что компания построит суперкомпьютер *Frontier* с производительностью более 1.5 Eflops. Система, создаваемая по контракту с Министерством энергетики США на сумму свыше 600 млн. долларов, будет инсталлирована в Окриджской национальной лаборатории (*Oak Ridge National Laboratory*) в 2021 году.

Оба суперкомпьютера основываются на архитектуре *Cray Shasta*, допускающей применение различных процессоров, включая *x86*, *ARM*, *GPU* и *FPGA*. Система *Aurora* будет построена на базе процессоров *Intel Xeon*, а система *Frontier* – на базе процессоров *AMD EPYC* и графических ускорителей *Radeon Instinct*.

✓ Начато строительство японского экзафлопсного суперкомпьютера

15 апреля 2019 года стало известно, что в Японии началось строительство экзафлопсного суперкомпьютера с рабочим названием *Post-K*, то есть “После *K*” (напомним, что *K Computer* лидировал в мировом рейтинге *Top500* в июньском и ноябрьском списках в 2011 году. Его реальное быстроедействие составляло 8.16 Pflops). Но уже 23 мая строящийся супервычислитель нарекли новым именем – *Fugaku* (это второе имя Фудзиямы, самой высокой горы в Японии, уже четыре века

находящейся, кстати сказать, в собственности синтоистского храма Хонгу Сэнгэн).

Ожидается, что *Fugaku* начнет функционировать в 2021 году. Разработку системы, занявшую пять лет, выполнили компания *Fujitsu* (её штаб-квартира находится в Токио) и Институт физико-химических исследований *RIKEN* (гор. Вако, префектура Сайтама).

Суперкомпьютер *Fugaku* с архитектурой *Scalable Vector Extensions* (масштабируемые векторные инструкции) построен на базе 64-разрядных процессоров *Fujitsu A64FX*, поддерживающих систему команд *ARM*. Процессор имеет 48 вычислительных ядер и 4 вспомогательных; ядра разделены на четыре блока по 13 ядер, соединенных внутренней кольцевой шиной. Чип содержит 8.7 млрд. транзисторов. Пиковая производительность составляет 2.7 *Tflops* для операций с двойной точностью.

Мы продолжаем следить за экзафлопсными планами других ведущих игроков суперкомпьютерного рынка, среди которых:

- американская компания *IBM*;
- Национальный университет оборонных технологий (*National University of Defense Technology, NUDT*) в Китае;
- Национальный исследовательский центр параллельных вычислений (*National Research Center of Parallel Computer, NRCPC*) в Китае;
- китайская компания *Sugon (Dawning)*;
- совместное предприятие *EuroHPC Joint Undertaking*, учрежденное Европейским Советом в сентябре 2018 года.

2. Объем рынка HPC

По результатам 2018 года объем рынка *HPC* достиг 13.706 млрд. долларов (рис. 1), что означает увеличение на +11.8% по сравнению с 2017 годом, когда объем составил 12.262 млрд. долларов.

Таким образом, темпы роста рынка оказались в два раза выше, чем в 2017 году по сравнению с 2016 годом (11.595 млрд.), когда рост составил +5.8%. Ранее, в 2016 году, объем рынка увеличился на +8.1% в сравнении с 2015 годом (объем – 10.725 млрд.). А в 2015 году рынок вырос всего на +4.9% в сравнении с 2014-м (10.2 млрд.), то есть темпы роста были несколько меньшими, чем в 2016 году.

Согласно данным аналитической компании *Hyperion Research*, объем рынка *HPC*-систем в 2018 году составил 13.706 млрд. долларов при росте +11.8% в сравнении с 2017-м.

Напомним, что до этого два года подряд, как сейчас любят говорить, “темпы роста были отрицательными”: в 2014 году объем рынка *HPC* (10.2 млрд. долларов) уменьшился

Application & industry segments of HPC market for 2013, 2017 and 2018

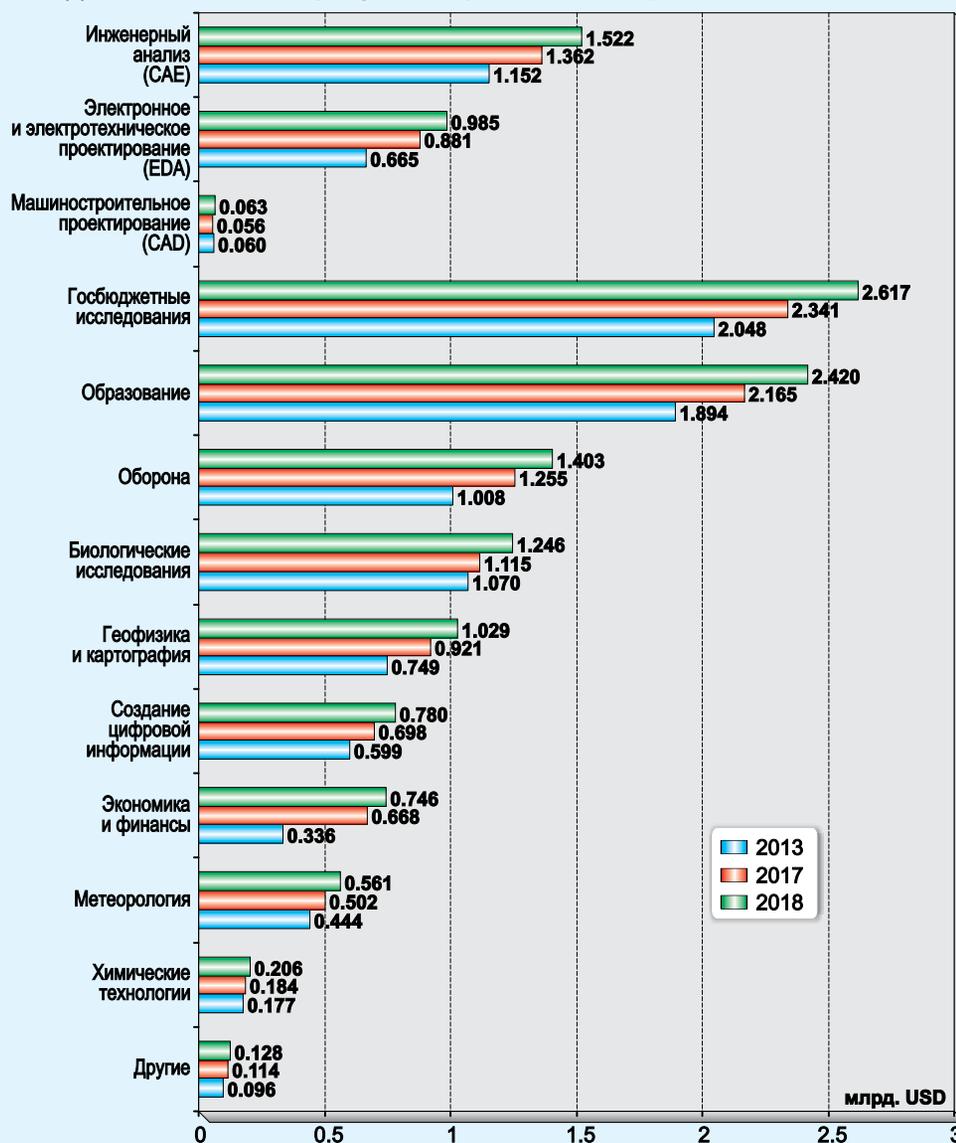


Рис. 5. Структура рынка ВВП в 2013, 2017 и 2018 гг. в разрезе применения систем

CAD/CAM/CAE Observer по данным Hyperion Research (IDC)

по сравнению с 2013 годом (10.3 млрд.) на -0.7%, а в 2013 году сокращение составило -7.2% по сравнению с достижениями 2012-го (11.1 млрд.). Таким образом, в 2015 году вернулся тренд 2010–2012 годов. Ранее, в 2012 году, рынок вырос на +7.8% по сравнению с 2011-м; в свою очередь, в 2011 году рост был +8.4% – до 10.3 млрд. В 2010-м, первом посткризисном году, рынок HPC вырос на +10.3% в сравнении с 2009-м – до показателя 9.5 млрд. долларов.

До того как в 2010 году начался период роста, ситуация была обратной: объем рынка уменьшался. В кризисном 2009-м он ужался на -11.8% в сравнении с 2008 годом – до 8.6 млрд. И до этого, в 2008 году, объем рынка уменьшался, сумев достичь лишь показателя 9.8 млрд. – то есть -3% в сравнении с 2007-м (напомним, что в 2007 году аналитики IDC сделали переоценку объема рынка по новой методике и получили цифру 10.1 млрд. долларов).

3. Пятилетний прогноз для рынка HPC

Опираясь на результаты 2018 года, аналитики компании *Hyperion Research* прогнозируют уверенный рост объема рынка HPC в течение пяти лет – до 19.979 млрд. долларов в 2023 году (рис. 1). Прогнозируемые темпы роста составляют +7.3%.

Напомним, что годом ранее (см. прошлогодний обзор [2]), прогноз был более оптимистичным: рост объема рынка HPC – до 19.6 млрд. долларов в 2022 году, при среднегодовых темпах роста +8.9% в течение пяти лет. По новейшему прогнозу ожидаемый объем рынка в 2022 году составит 18.5 млрд. долларов.

4. Структура рынка HPC на основе классификации HPC-систем по стоимости

Компания *Hyperion Research* анализирует структуру рынка HPC, опираясь на унаследованную от

IDC классификацию HPC-систем на основе их стоимости (в скобках даны оригинальные названия сегментов на английском языке):

- суперкомпьютеры (*Supercomputers*) имеют стоимость свыше 500 тыс. долларов;
- системы для крупных подразделений (*Divisional*) – от 250 до 500 тыс. долларов;
- системы для отделов (*Departmental*) – от 100 до 250 тыс. долларов;
- системы для рабочих групп (*Workgroup*) – до 100 тыс. долларов.

В 2018 году сегменты рынка HPC достигли следующих значений в денежном выражении (рис. 2): *Supercomputers* – 5.362 млрд. долларов; *Divisional* – 2.449 млрд.; *Departmental* – 3.879 млрд.; *Workgroup* – 2.016 млрд. долларов. Таким образом, в сравнении с 2017 годом все сегменты увеличились.

По результатам 2018 года рыночный пирог поделен между HPC-системами различной стоимости следующим образом (рис. 3):

- *Supercomputers* – 39.1%;
- *Divisional* – 17.9%;
- *Departmental* – 28.3%;
- *Workgroup* – 14.7%.

Для сравнения вспомним, как выглядела картина в прошлом.

В 2017 году – 39.5%, 18.7%, 27.5% и 14.3% соответственно.

В 2016 году – 36.3%, 20.5%, 27.7% и 15.2%.

В 2015 году – 30.3%, 14.9%, 37.8% и 16.9%.

В 2014 году – 30.8%, 14.9%, 37.5% и 16.8%.

В 2013 году – 38.8%, 13.15%, 32.65% и 15.4%.

В 2012 году – 50.8%, 11%, 27% и 11.2%.

В 2011 году – 42.3%, 12.1%, 33.8% и 11.8%.

5. Пятилетний прогноз изменения структуры рынка HPC, основанной на стоимости HPC-систем

Аналитики компании *Hyperion Research* прогнозируют, что к 2023 году сегменты рынка HPC достигнут следующих значений в денежном выражении (рис. 3, 4): *Supercomputers* – 8.030 млрд. долларов; *Divisional* – 3.527 млрд.; *Departmental* – 5.537 млрд.; *Workgroup* – 2.885 млрд. долларов.

Таким образом, в период с 2018 по 2023 гг. ожидается следующий рост объемов всех сегментов: *Supercomputers* – на +49.8%; *Divisional* – на +44%; *Departmental* – на +42.7%; *Workgroup* – на +43.1%, а объем рынка HPC в целом вырастет на +45.8%.

Ожидается, что в 2023 году рыночный пирог будет распределяться примерно так (рис. 4):

- *Supercomputers* – 40%;
- *Divisional* – 18%;
- *Departmental* – 28%;
- *Workgroup* – 14%.

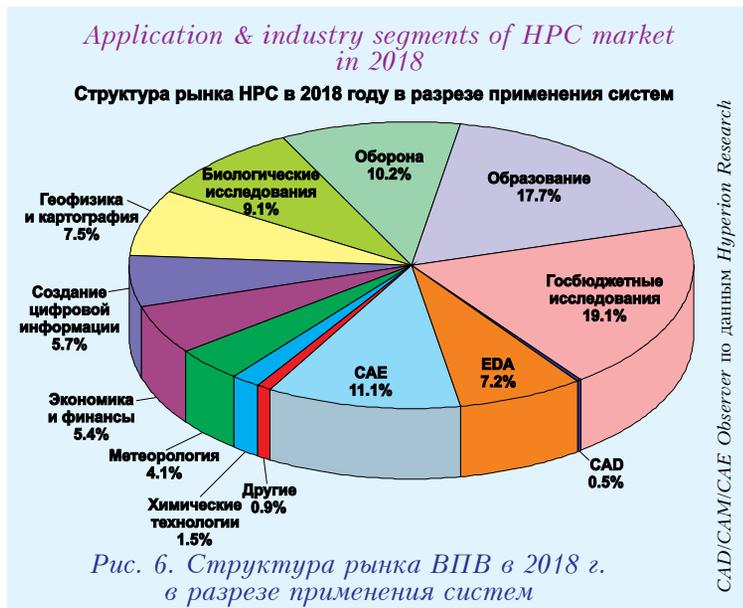


Рис. 6. Структура рынка ВВП в 2018 г. в разрезе применения систем

HPC systems vendors' revenues for 2015–2018

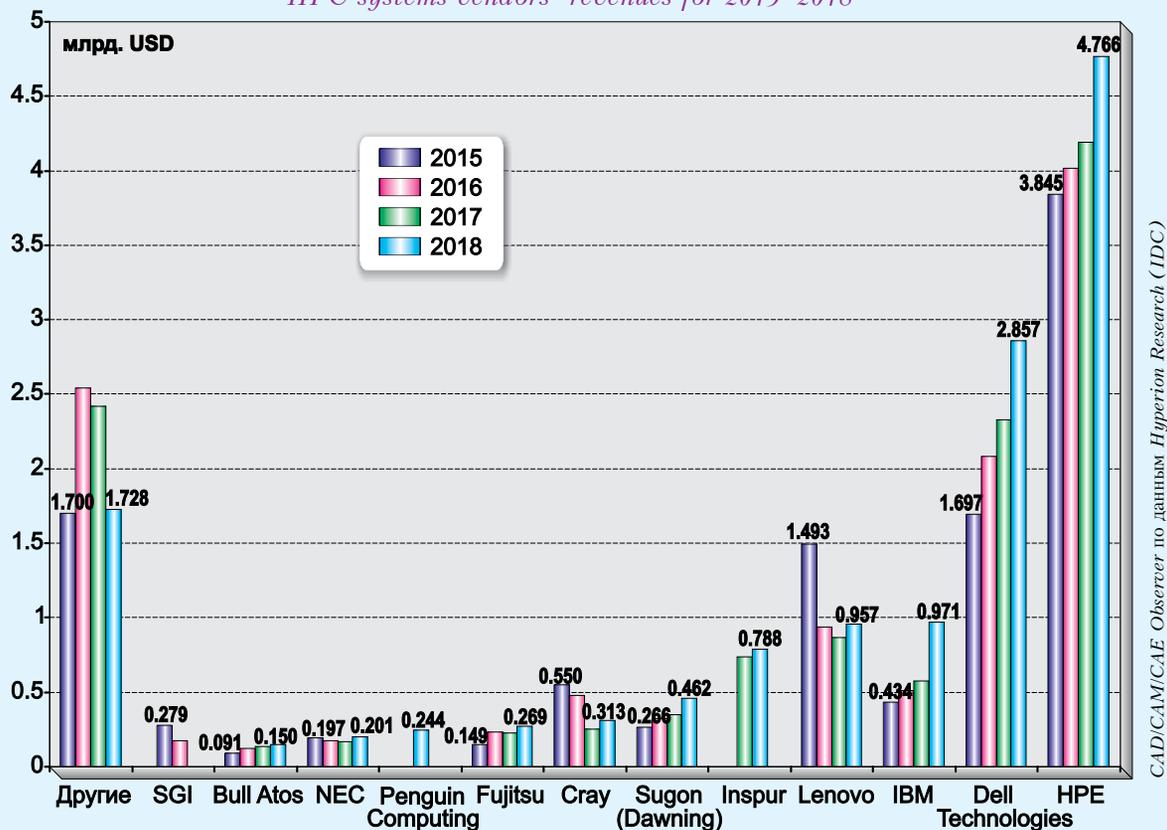


Рис. 7. Доходы поставщиков систем ВПВ в 2015–2018 гг.

6. Классификация рынка HPC по областям применения HPC-систем

В соответствии с данными Hyperion Research для 2018 года (рис. 5, 6), большинство суперкомпьютеров, на приобретение и эксплуатацию которых была затрачена самая значительная доля средств (общий объем рынка в 2018 году – 13.706 млрд. долларов), использовалось для поддержки следующих направлений:

- проведение перспективных исследований, финансируемых из госбюджета – 19.1% (в 2017 году – 19.1%, в 2013 году – 19.9%);
- подготовка специалистов – 17.7% (в 2017 году – 17.7%, в 2013 году – 18.4%);
- инженерный анализ проектируемых изделий – 11.1% (в 2017 году – 11.1%, в 2013 году – 11.2%);
- оборонные разработки – 10.2% (в 2017 году – 10.2%, в 2013 году – 9.8%);

- пионерские исследования в области биологии – 9.1% (в 2017 году – 9.1%, в 2013 году – 10.4%).

На приобретение и эксплуатацию HPC-систем для нужд проектирования наукоемких и высокотехнологичных изделий различного назначения в 2018 году было затрачено 18.7% (в 2017 году – 18.7%; в 2013 году – 18.2%), в том числе:

- для машиностроительного проектирования – 0.46%, или 0.063 млрд. долларов (в 2017 году – 0.46%, или 0.056 млрд. долларов; в 2013 году – 0.59%, или 0.06 млрд.);
- для электронного и электротехнического проектирования – 7.19%, или 0.985 млрд. долларов (в 2017 году – 7.19%, или 0.881 млрд.; в 2013 году – 6.46%, или 0.665 млрд.);
- для проведения сложного инженерного анализа проектируемых изделий с применением передовых CAE-технологий – 11.1%, или 1.522 млрд. долларов (в 2017 году – 11.1%, или 1.522 млрд. долларов).

HPC market leaders' revenues and shares in 2018

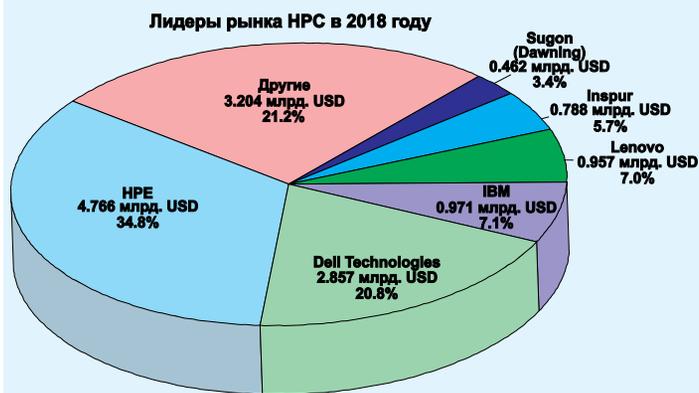
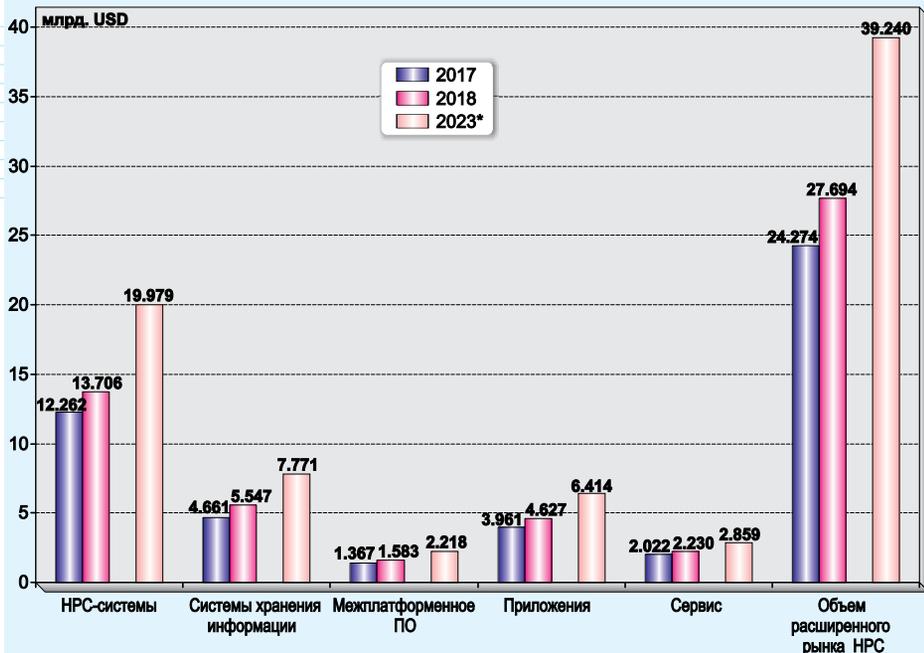


Рис. 8. Доходы и доли лидеров рынка ВПВ в 2018 г.

Size and structure of broader HPC market in 2017 and 2018 as well as forecast for 2023



CAD/CAM/CAE Observer по данным Hyperion Research

- применение EDA-систем – 35.4%;
- применение CAE-технологий – 61.4%.

Как видно из всех приведенных цифр, при росте в 2018 году объемов НРС-рынка по всем направлениям, процентное соотношение этих областей в сравнении с 2017-м осталось неизменным.

7. Основные финансовые показатели лидеров рынка НРС

Как мы уже неоднократно отмечали, высокая позиция в мировом суперкомпьютерном рейтинге *Top500* (и даже “просто” попадание в первую десятку) является свидетельством технологического лидерства компании-суперкомпьютеростроителя, однако совершенно не гарантирует ей высокого места при ранжировании по суммарной выручке от

реализации НРС-систем.

Далее мы, немного забежав вперед, будем ссылаться на некоторые данные 52-го списка *Top500*, опубликованного в ноябре 2018 года. Подробному сравнению 52-го и ожидаемого 53-го списка (он будет обнародован на конференции *ISC High Performance*, которая пройдет во Франкфурте 16–20 июня 2019 года, уже после сдачи настоящего номера журнала (в печать) будет посвящена следующая часть нашего обзора.

Что касается распределения мест в финансовом рейтинге НРС-рынка от компании *Hyperion Research* (и ранее, от *IDC*), изменение соотношения сил лидеров на протяжении последних четырех лет

Рис. 9. Объем и структура расширенного рынка ВПВ в 2017 и 2018 гг., а также прогноз на 2023 г.

1.362 млрд.; в 2013 году – 11.19%, или 1.152 млрд. долларов).

По данным *Hyperion Research*, объем рыночного сегмента суперкомпьютерных систем, задействованных в 2018 году в качестве аппаратной поддержки *PLM*, составил 2.257 млрд. долларов, из которых 38.3% отводилось на *EDA*-системы и 59.2% – на *CAE*.

Для сравнения приведем данные *IDC* по направлению *PLM* за 2013 год:

- аппаратная поддержка сферы *PLM* в целом – 1.877 млрд. долларов;

Structure of broader HPC market in 2018

Структура расширенного рынка НРС в 2018 году



Рис. 10. Структура расширенного рынка ВПВ в 2018 г.

Structure of broader HPC market – forecast for 2023

Прогнозируемая структура расширенного рынка НРС в 2023 году

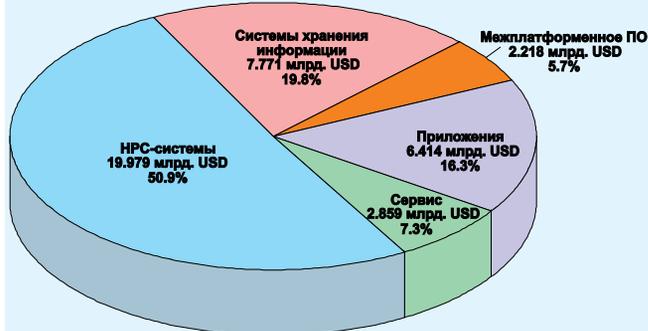


Рис. 11. Прогноз структуры расширенного рынка ВПВ в 2023 г.

CAD/CAM/CAE Observer по данным Hyperion Research

CAD/CAM/CAE Observer по данным Hyperion Research

можно оценить по нашим диаграммам (рис. 7, 8). Этим мы сейчас и займемся:

1 Компания **Hewlett-Packard Enterprise (HPE)** завершила 2018 год с самым высоким результатом – **4.766 млрд. долларов** или 34.8% от всего объема мировых поставок **HPC**-систем.

В 2017 году показатели были следующими: 4.194 млрд. долларов (34.2%); в 2016 году – 4.014 млрд. долларов (34.6%); в 2015 году – 3.845 млрд. долларов или 35.9%.

С 2019 года в финансовых результатах **HPE** будет учитываться выручка компании **Cray**, которая была недавно приобретена ею за 1.3 млрд. долларов. Напомним, что, начиная с 2017 года, в доход **HPE** насчитывается и выручка компании **SGI**, которая была приобретена за 275 млн. долларов (сделка завершилась 1 ноября 2016 года).

По количеству **HPC**-систем в 52-м списке **Top500** компания **HPE** занимает только 5-е место, хотя в 50-м списке она лидировала по этому показателю. По суммарной производительности систем **HPE** занимает 4-е место.

О влиянии сделки на показатели **HPE** мы уже написали в преамбуле.

2 Компания **Dell Technology** (бренд был создан после объединения **Dell** и **EMC**) четвертый год подряд занимает 2-е место.

В 2018 году её **HPC**-доходы составили **2.857 млрд. долларов** или 20.8% от всего объема рынка **HPC**, в 2017 году – 2.33 млрд. (19%), в 2016 году – 2.085 млрд. (18%), а в 2015 году – 1.697 млрд. долларов или 15.9%.

При этом по количеству **HPC**-систем в 52-м списке **Top500** компания **Dell** занимает всего лишь 9-е место, а по их суммарной производительности – только 11-е.

3 Третье место по **HPC**-доходам досталось компании **IBM**, которая в 2018 году заработала всего лишь **971 млн. долларов**, что равно 7.1% от всего объема рынка **HPC**.

В 2017 году её заработок соответствовал 5-му месту – 575 млн. долларов (4.7% рынка). Два года назад, в 2016-м, доходы соответствовали 4-му месту – 509 млн. (4.4%), а три года назад, в 2015-м, также только 5-му месту – 434 млн. (4.1% рынка).

В 52-м списке **Top500** по количеству **HPC**-систем компания **IBM** занимает только 10-е место, а вот по их суммарной производительности она вышла на 1-е место – благодаря лидерству её суперкомпьютеров.

4 Китайская компания **Lenovo** на этот раз заняла 4-е место. После приобретения у **IBM** части бизнеса, относящегося к серверам на базе процессоров с системой команд **x86**, **Lenovo** впервые уступила **IBM** третье место в финансовом рейтинге, которое

Servers' and HPC systems' markets sizes and growth rates for 2007–2018

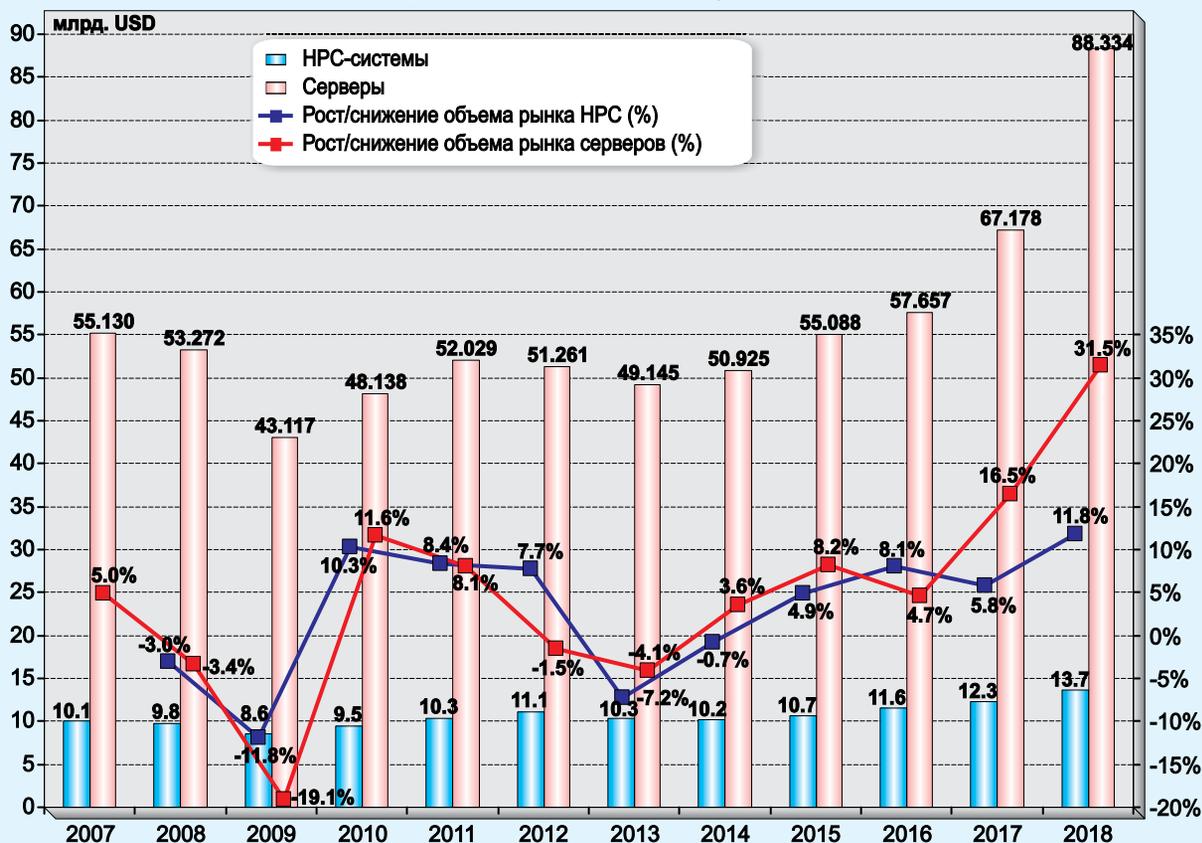


Рис. 12. Объемы и темпы роста/снижения рынков серверов и систем ВПВ в 2007–2018 гг.

CAD/CAM/CAE Observer по данным Hyperion Research (IDC)

до этого занимала три года подряд. В 2018 году выручка *Lenovo* от продажи *HPC*-систем составила **0.957 млрд. долларов** или 7% от всего объема рынка. До этого показатели были следующие: в 2017 году – 0.87 млрд. (7.1%,) в 2016 году – 0.941 млрд. (8.1%), в 2015 году – 1.493 млрд. долларов или 14%.

По количеству *HPC*-систем в 52-м списке *Top500* компания *Lenovo* находится на первом месте, а по их суммарной производительности – на втором.

❶ Не менее китайская *Inspur Electronics* в 2018 году второй год подряд занимает пятое место со следующими результатами: выручка от продажи *HPC*-систем – **0.788 млрд. долларов** или 5.7% от всего объема рынка. Годом ранее, в 2017 году, когда компания впервые появилась в финансовом рейтинге *Hyperion Research*, её доход от продажи *HPC*-систем был 0.74 млрд. долларов или 6%.

В 52-м списке *Top500* компания *Inspur* занимает 2-е место по количеству *HPC*-систем и 5-е место по их суммарной производительности. За полгода до этого результаты *Inspur* в предыдущем, 51-м списке были такими: 5-е и 3-е места соответственно.

8. Рынок *HPC*-систем как сегмент расширенного рынка *HPC*

Для реализации облачных технологий – например, создания центров обработки данных (ЦОД) – необходимо соответствующее аппаратное и программное оснащение:

- *HPC*-системы (*Servers*);
- системы хранения информации (*Storage*);
- межплатформенное ПО (*Middleware*);
- приложения (*Application Software*);
- сервис (*Repair and Maintenance Service*).

Всё вышеописанное представляет собой структуру расширенного *HPC*-рынка (*Broader Market*). Такая классификация была предложена еще компаниями *IDC*, и *Hyperion Research* решила придерживаться той же классификации.

В 2018 году объем расширенного рынка *HPC* составил 27.694 млрд. долларов (рис. 9). На долю *HPC*-систем приходится 13.706 млрд. долларов или почти половина (49.5%) этого объема (рис. 10). Годом ранее, в 2017 году объем расширенного рынка *HPC* составлял 24.274 млрд. долларов, а доля *HPC*-систем была чуть более половины (50.5%) или 12.262 млрд. долларов.

В соответствии с прогнозом *Hyperion Research*, к 2023 году ожидается увеличение объема расширенного рынка *HPC* до 39.240 млрд. долларов (рис. 9), то есть в среднем примерно по +8.3% роста в год. Доля *HPC*-систем в 2023 году также будет составлять более половины (50.9%) – 19.979 млрд. долларов (рис. 11).

9. Рынок *HPC*-систем как сегмент серверного рынка

Динамика серверного рынка, сегментом которого является рынок *HPC*, показана на рис. 12 (см. также раздел 2 в первой части нашего обзора [1]).

В 2018 году на долю *HPC*-систем пришлось 15.5% объема серверного рынка, а год назад она составляла 18.82%.

Для сравнения: в 2016 году эта доля была чуть больше одной пятой – 21.16%; в 2015 году – 19.48%; в 2014 году – 20.07%; в 2013 году – 20.96%.

Резюме

Итак, во второй части нашего обзора мы рассмотрели следующие рынки:

- ❶ рынок *HPC*-систем (лидеры – *HPE*, *Dell Technologies*, *IBM*, *Lenovo*, *Inspur Electronics*);
- ❷ расширенный рынок *HPC*.

Чтобы представление о рынке *HPC* было достаточно полным, при подготовке обзоров мы традиционно обращаем пристальное внимание не только на компании, выделенные полужирным шрифтом (кстати, эти же названия перечислены и в резюме к первой части настоящего обзора [1]), но и на те, что не входят в пятерку лидеров финансового рейтинга. Среди них: недавно приобретенная *HPE* американская компания *Cray* (после завершения сделки, естественно, она пропадет с наших радаров), китайская *Sugon (Dawning)*, японские компании *Fujitsu* и *NEC*, а также французская *Atos* (владеющая контрольным пакетом *Bull*). Все они занимают лидирующие позиции в разработке новейших моделей суперкомпьютеров, попадающих в мировой рейтинг *Top500*, рассмотрению которого будет посвящена следующая часть нашего обзора. 🍷

Литература

1. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2018–2019 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть I. Серверы, облачная ИТ-инфраструктура, квантовые вычисления // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2019, №4, с. 68–77.
2. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2017–2018 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть II. *HPC*-системы // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2018, №4, с. 80–87.
3. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2016–2017 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть I. *HPC*-системы, серверы, облачная ИТ-инфраструктура // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2017, №4, с. 6–15.
4. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2017–2018 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть III. Суперкомпьютеры // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2018, №5, с. 19–32.

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).