

# CAE-технологии в 2010 году: достижения и анализ рынка

Сергей Павлов, Dr. Phys.

В прошлом номере мы опубликовали статью “Фондовый рынок высокотехнологичных компаний вышел из кризиса”, где на основе анализа динамики сводного индекса *NASDAQ Composite Index* была зафиксирована дата формального выхода фондового рынка из кризиса – 18.02.2011 г. Таким образом, ведущие высокотехнологичные компании, в том числе и рассматриваемые нами в рамках проекта “Короли” и “капуста”, перевернули страницу своей истории, связанную с мировым экономическим и финансовым кризисом. А мы, в свою очередь, одной краткой статьёй “отстрелялись” по этому вопросу ☺, освободив себя, таким образом, от необходимости возвращаться к биржевым показателям компаний за 2010 год.

Этот факт позволяет нам отступить от традиционной структуры ежегодных обзоров и несколько отодвинуть на второй план рассмотрение состояния “королевской” казны по результатам прошедшего года. Поэтому сначала мы отдадим предпочтение содержательной стороне деятельности поставщиков систем инженерного анализа и начнем с того, что обратим внимание читателей на некоторые тенденции в развитии CAE-технологий и инженерных расчетов. При этом мы не будем стремиться к полноте обзора выпущенных за год релизов продуктов. Тому есть простое и естественное объяснение – значительную часть обзора заняло бы только перечисление результатов работы подразделений R&D. Компании, входящие в ежегодно составляемый нами Топ-10, получив в 2010 году суммарный доход почти 2 млрд. долларов, потратили на развитие своих программных продуктов не менее 15% или порядка 300 млн. долларов.

## Некоторые тенденции развития CAE-технологий

В процессе создания нового изделия, равно как и совершенствования или модификации уже выпускаемого, OEM-производителю необходимо сформулировать цели разработки изделия и определить его ключевые характеристики и параметры. Вся эта информация является основой для постановки задач моделирования и инженерного анализа, которые будут решаться во взаимосвязи с другими задачами проектирования и подготовки производства на соответствующем этапе жизненного цикла создания изделия.

Ключевым моментом для успешного выполнения инженерного анализа является выбор:

- исполнителей;
- программных инструментов;
- аппаратной платформы.

Тесная взаимосвязь всех трех перечисленных аспектов и их взаимное влияние, как на эффективность

процесса проектирования, так и на достигнутый результат, очевидна.

В зависимости от сложности задач и финансовых возможностей компаний-разработчиков, для организации работ по инженерному анализу изделия могут использоваться разные подходы, например:

✓ моделирование процессов проводится работающими на предприятии “среднестатистическими” инженерами-конструкторами, не являющимися профессионалами в области инженерного анализа (с подробным обсуждением проблематики, связанной с квалификационными требованиями к специалистам в области инженерного анализа, можно ознакомиться в статье “К вопросу о классификации MCAE-систем”, *Observer* #1,2,4/2009). При этом они могут быть вооружены лучшими практиками (*best practice*) для решения задач определенного класса, обобщающими опыт профессионалов. Для работы применяются CAE-инструменты, обеспечивающие двунаправленный бесшовный обмен данными с CAD-системами, а вычисления проводятся на рабочих станциях (*workstation*);

✓ моделирование проводится работающей на предприятии группой сотрудников, которые являются профессионалами в области инженерного анализа. Применяются специализированные пакеты моделирования (как коммерческие, так и собственной разработки), рассчитанные на высокопроизводительные вычисления (*High-Performance Computing – HPC*) на отдельной рабочей станции, группе рабочих станций, объединенных локальной вычислительной сетью или через интернет, на суперкомпьютере или же иной вычислительной платформе;

✓ привлекаются профессионалы в области инженерного анализа из сторонних организаций на условиях аутсорсинга.

Предлагаемые вендорами CAE-технологии должны поддерживать параллельные вычисления на высокопроизводительных компьютерах, построенных на базе уже получивших широкое распространение многоядерных процессоров. Более того, дальнейшее увеличение числа процессорных ядер и миниатюризация микросхем открывают доступ к параллельным вычислениям на таких устройствах, которые ранее не воспринимались профессионалами как заслуживающие серьезного внимания для получения значимых результатов моделирования. Это означает, что часть задач, которые ранее решались на более мощных, но менее доступных для пользователей, вычислителях, перекочует на более массовые: например, с рабочей станции – на планшетник, нетбук или даже смартфон, а с суперкомпьютера – на персональный суперкомпьютер (ПСК) или даже на персональный компьютер (ПК). На наш взгляд, уже набирает

силу процесс переопределения областей применения всего спектра компьютеров. Цепочка устройств, в порядке убывания производительности, может быть такой: суперкомпьютер – ПСК – сервер – облачный компьютер – рабочая станция – ПК – ноутбук – планшетник – нетбук – смартфон. Впрочем, здесь, наверняка, перечислены далеко не все форм-факторы компьютеров, которые проходят сейчас испытание на устойчивый интерес со стороны различных категорий пользователей.

Для иллюстрации высказанного тезиса приведем результаты сравнения, недавно проведенного Джеком Донгарра (**Jack Dongarra**), гуру в сфере суперкомпьютеров, для двух популярных инструментов – нынешнего бестселлера *iPad2* и рекордсмена 1985–1990 годов, суперкомпьютера *Cray 2*. Их производительность составила 1.5÷1.65 и 1.9 (пиковая) GFLOPS соответственно.

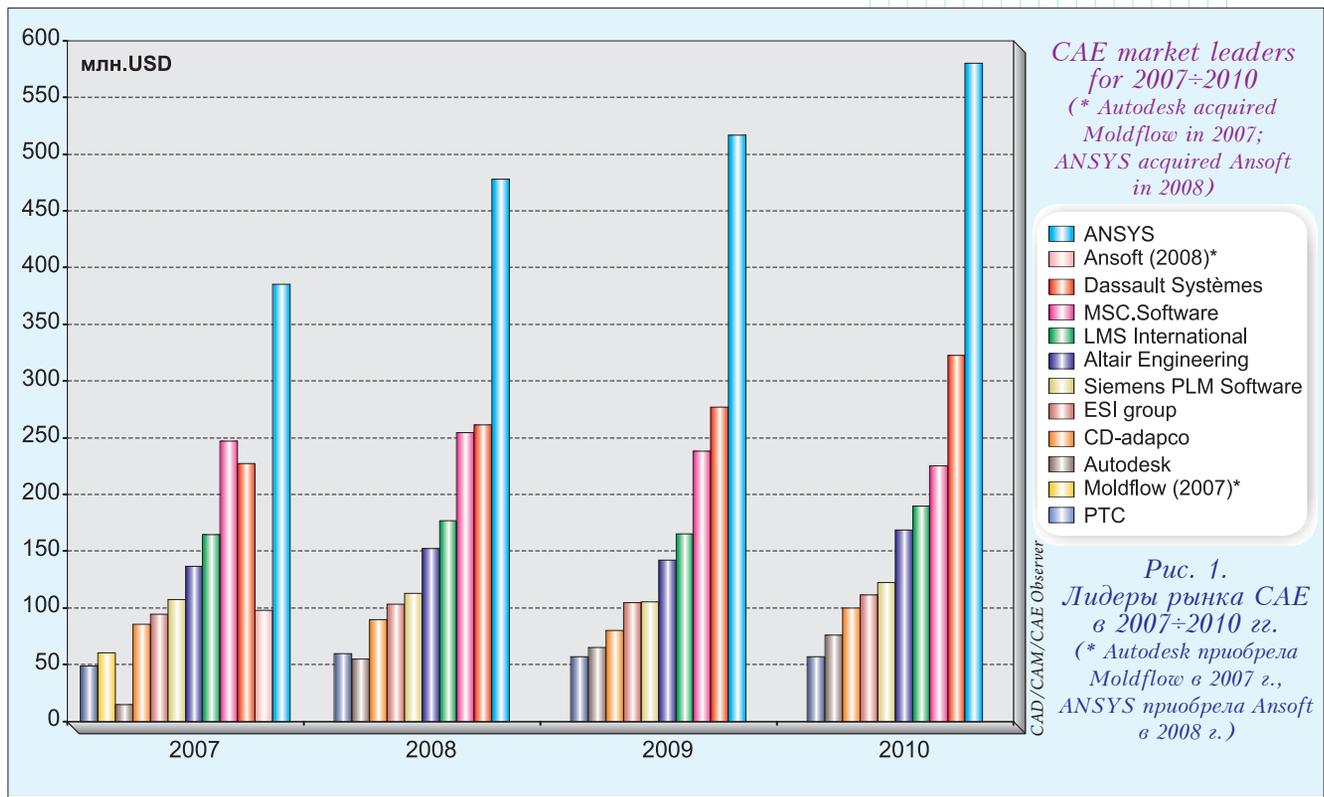
Необходимо отметить, что в последнее время бурно развивается направление, связанное с разработкой трехуровневого сервиса облачных вычислений (*cloud-computing*), когда вместо приобретения собственной вычислительной платформы и коммерческого программного обеспечения можно будет, в качестве услуги по запросу, получить доступ к:

- аппаратной IT-инфраструктуре (*Infrastructure as a Service – IaaS*) для HPC, объединяющей суперкомпьютер, возможности хранения информации и сетевой доступ к ресурсам;
- платформе (*Platform as a Service – PaaS*) для HPC. Помимо *IaaS*, она включает в себя операционную систему, а также средства управления процессом вычислений и его оптимизации;

- программным инструментам моделирования процессов, распространяемым через интернет в соответствии с моделью “ПО как услуга” (*Software as a Service – SaaS*) или “софт по запросу” (*Software on Demand – SoD*).

Все перечисленные тенденции развития IT-технологий являются вызовом для вендоров CAE-технологий и заставляют их подвергнуть радикальному пересмотру имеющийся в их распоряжении набор инструментов инженерного анализа. Хотелось бы отметить, что речь идет не о перелицовке накопленного богатства на новый лад, а о радикальной переработке CAE-технологий в соответствии с новыми аппаратно-софтвыми и коммуникационными возможностями компьютеров. Причем, переработка касается инструментов для всего цикла работ по обеспечению инженерного анализа создаваемого изделия, включая препроцессоры, солверы, пост-процессоры, а также системы управления данными об изделии.

Отметим еще один важный момент, который иногда теряется из виду за круговертью появления аппаратных новинок. Новые вычислительные и коммуникационные возможности компьютеров позволяют за разумное время и с разумной точностью решать для широкого спектра промышленных отраслей такие задачи, которые прежде могли себе позволить разве что оборонная, аэрокосмическая и автомобильная промышленности, оперирующие значительными финансовыми ресурсами. Сначала в названиях предлагаемых пакетов CAE-инструментов “прописался” термин *multiphysics*, свидетельствующий о возможности одновременного



расчета нескольких физических полей и проведения многодисциплинарных исследований (см., например, статью “*Multiphysics: многодисциплинарное моделирование металлургических магнитогидродинамических технологий*”, *Observer* #3/2009). А теперь, похоже, набирает обороты применение методов вычислительной гидродинамики (*Computational Fluid Dynamics – CFD*) и расчетов конструкций из композиционных материалов при проектировании широкого спектра изделий.

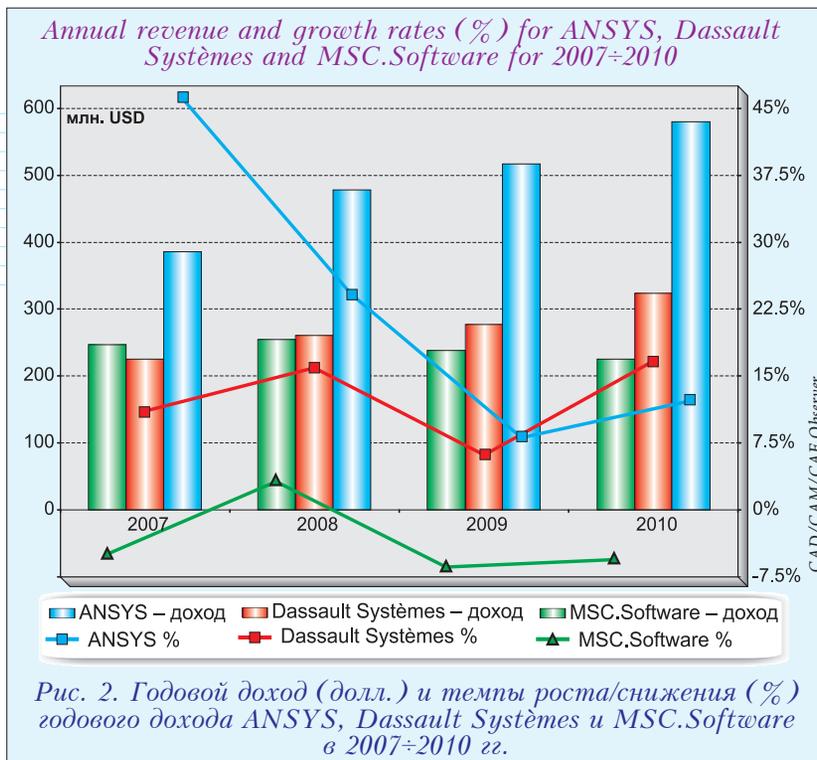
Далее мы кратко остановимся на некоторых уже достигнутых практических результатах на пути развития CAE-технологий, а также итогах сотрудничества вендоров CAE-систем и разработчиков вычислительных платформ.

### 1 Инструменты для гидродинамических расчетов

Еще совсем недавно, лет пять-шесть назад, лидеры рынка PLM (*Dassault Systèmes, Autodesk, Siemens PLM Software, PTC*) предпочитали предлагать CFD-инструменты сторонних компаний, которые специализировались на разработке средств инженерного анализа и являлись участниками рынка CAE-технологий – в том числе, *ANSYS, Fluent, CD-adapco, ESI Group, Moldflow, COMSOL, Flomerics, ALGOR, Blue Ridge Numerics, ADINA R&D*. Сейчас ситуация изменилась, и поставщики PLM-систем имеют в своем арсенале собственные CFD-модули:

- компания *Dassault Systèmes* обзавелась системой *SIMULIA Abaqus/CFD 6.10*, разработанной в подразделении *SIMULIA*. Что касается дочерней компании *SolidWorks*, то одноименный пакет и ранее располагал системой *Flow Simulation*;
- *Siemens PLM Software* предлагает модули *NX Flow* и *NX Thermal*, входящие в пакет *NX Simulation*, а также модули *NX Advanced Flow* и *NX Advanced Thermal*, входящие в пакет *NX Advanced Simulation*;
- компания *Autodesk*, после приобретения *Moldflow* и *ALGOR*, о чём мы писали в предыдущих обзорах, а также компании *Blue Ridge Numerics* в начале 2011 года, стала полноправным участником рынка CAE, и её доход от реализации CAE-технологий приближается к отметке 100 млн. долларов. Отметим также, что аналитическая компания *SIMdata*, специализирующаяся на исследованиях рынка PLM, по результатам 2010 года впервые признала *Autodesk* поставщиком PLM-систем (об этом чуть подробнее мы расскажем в третьей части нашего обзора).

Из лидеров рынка PLM без своего CFD-пакета теперь осталась только компания *PTC*. Более того, значительная часть партнеров *PTC* по



CFD-технологиям оказались в собственности её прямых конкурентов. Судя по обнародованным планам относительно ребрендинга пакета *Pro/ENGINEER*, который после значительной переработки и интеграции с пакетом *CoCreate*, приобретет название *Creo*, компании *PTC* пока не до собственных CFD-технологий. Поэтому ей “ко двору” придется пакет *FloEFD Pro* от компании *Mentor Graphics*, “заточенный” под *Pro/ENGINEER Wildfire*. Надо отметить, что *Mentor Graphics* достаточно успешно распорядилась активами приобретенной компании *Flomerics*, и предложила аналогичные “заточки” под *CATIA V5*, а, совсем недавно, в начале 2011 года, под *NX* от *Siemens PLM Software*.

К настоящему времени CFD-технологии предлагают уже все участники рынка CAE, входящие в наш Топ-10. В начале 2011 года CFD-сегмент начала осваивать компания *Altair Engineering*, пополняя свои арсеналы CFD-продуктами, приобретенными вместе с компанией *ACUSIM Software, Inc.* А в конце мая 2011 года здесь объявилась и компания *MSC.Software*, которая ранее располагала только продуктом *SimManager CFD Connect*, позволяющим организовать работу с гидродинамическими моделями. Теперь *MSC.Software*, в рамках соглашения о стратегическом сотрудничестве с испанской компанией *Next Limit Technologies*, будет предлагать её продукт – *XFlow*. Особенностью *XFlow* является применение полностью лагранжевого подхода, основанного на методе частиц, что означает отсутствие необходимости в сетке и отсутствие ограничений, связанных со сложностью геометрии.

Все компании, ранее располагавшие CFD-модулями, продолжают расширять возможности своих

пакетов. Безусловным лидером здесь, как и в целом на рынке CAE, является компания ANSYS, у которой в стадии интеграции в решение ANSYS CFD находятся два первоклассных пакета — CFX и Fluent, приобретенные соответственно в 2003 и 2006 годах.

Однако лакмусовой бумажкой лидерства в области CFD является предлагаемый пользователям набор моделей турбулентности для расчета течений. Практически все компании освоили в разных вариантах относительно простые двухпараметрические модели изотропной турбулентности. Но вот более продвинутый подход моделирования анизотропной турбулентности методом крупных вихрей (*Large Eddy Simulation – LES*), требующий вычислительных ресурсов, значительно превышающих возможности рабочих станций, судя по доступным информационным материалам, до недавнего времени предлагали только три компании из Топ-10 — ANSYS, Dassault Systèmes и CD-adapco, при безусловном приоритете R&D-команды ANSYS. Теперь к ним присоединились еще две — MSC.Software с продуктом XFlow от стратегического партнера Next Limit Technologies, а также Altair Engineering, прикупившая вместе с компанией ACUSIM Software её продукты.

Что касается продвижения к радикальному решению проблемы турбулентности методом прямого численного моделирования (*Direct Numerical Simulation – DNS*), то и здесь рекордсменом в номинации “CFD-инструмент для коммерческих расчетов” стала компания ANSYS с расчетной сеткой, состоящей из 1 млрд. ячеек. Напомним, что рекордная сетка при решении научной задачи содержала  $4096^3 \approx 68.7$  млрд. ячеек — расчеты проводились на японском суперкомпьютере Earth Simulator в 2002 году.

## 2 Инструменты для расчетов конструкций из композиционных материалов

Еще одно перспективное направление развития CAE-технологий связано с совершенствованием методов расчетов конструкций из композиционных материалов, которые становятся всё более востребованными при разработке инновационных изделий в самых различных отраслях — особенно в аэрокосмической, автомобильной, судостроительной и энергетической.

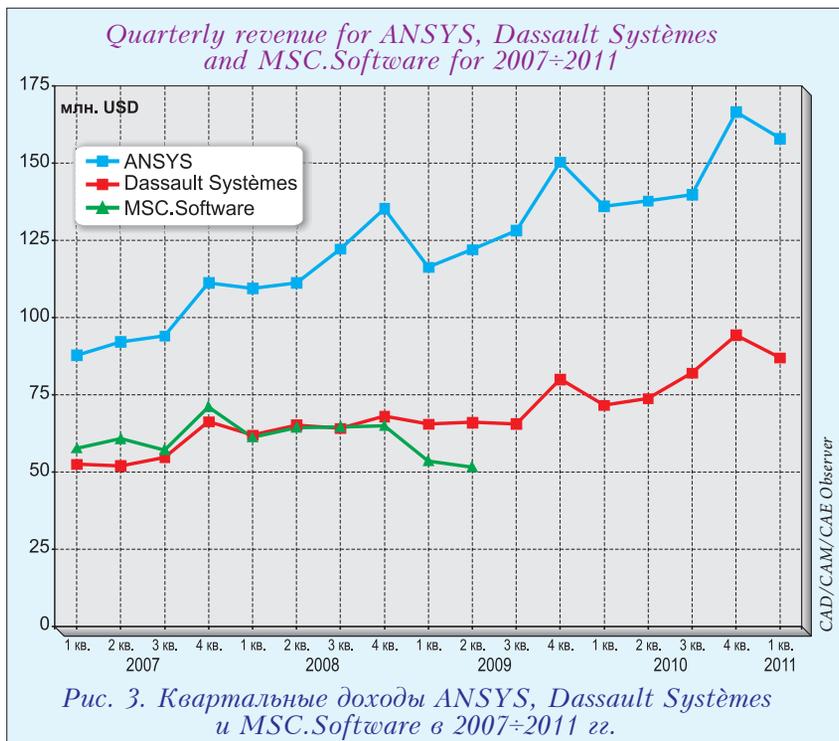
В принципе, любой развитый пакет конечно-элементного анализа (*Finite Element Analysis – FEA*) обладает широким спектром инструментов для изучения напряженно-деформированного состояния конструкций, состоящих из различных материалов, включая и композиты, при различных режимах нагружения. Поэтому, учитывая растущую популярность композиционных материалов, вендоры при подготовке новых релизов пакетов FEA, конечно же, не обделяют вниманием это перспективное и сулящее рост доходов направление. Чтобы удостовериться в этом, достаточно более подробно изучить предложения компаний, входящих в наш Топ-10 — ANSYS, Dassault, MSC.Software, Altair Engineering, ESI Group, Siemens PLM Software, Autodesk, PTC, а также компаний COMSOL, ADINA R&D, LS-DYNA, NEi Software и других.

Среди компаний, специализирующихся на разработках инструментов для расчета конструкций из композиционных материалов, своей активностью последнее время выделяется VISTAGY, Inc., с которой в 2010–2011 годах были связаны следующие события:

- в сотрудничестве с ANSYS обеспечен двусторонний обмен данными для новейших версий флагманских пакетов обеих компаний — ANSYS 13.0 и FiberSIM 2010. Для этого разработан новый продукт ANSYS Composite PrepPost;
- заключен договор о долгосрочном сотрудничестве с компанией Siemens PLM Software в области расчетов конструкций из композиционных материалов;
- на форуме компании PTC продемонстрирована работа пакета FiberSIM в среде Creo.

## 3 HPC-технологии на службе инженерного анализа

Эффективность применения CAE- и HPC-технологий в процессе разработки машиностроительных изделий значительно повышается, когда применяются оптимизированные конечные продукты, охватывающие, по возможности, и аппаратные средства, и системное программное обеспечение, и прикладные программы.



✓ **CAE-инструменты “затачиваются” под HPC-технологии**

Как и подобает лидеру рынка, компания ANSYS первой предложила новый продукт — ANSYS HPC, представляющий собой единое решение для расчета электромагнитного, гидродинамического и теплового полей, а также прочности изделия. Для применения ANSYS HPC требуется наличие HPC-лицензии, а не отдельных лицензий на применение солверов для каждого физического поля.

Однако открытым пока остается такой вопрос: что делать с пропорциональным ростом стоимости лицензии в зависимости от числа процессоров? Ведь даже если речь идет не о суперкомпьютере, а всего лишь о современной рабочей станции на базе многоядерного процессора (например, 6-ядерного Nehalem-EX от Intel, специально оптимизированного для применения в HPC-системах), требуется HPC-лицензия со всеми вытекающими последствиями...

Радикально другой подход к лицензированию исповедует компания COMSOL, которая первой

позволила пользователям, обладающим “плавающей сетевой лицензией” (*floating network licence*), применять свой продукт COMSOL Multiphysics для суперкомпьютерных вычислений без взимания платы за каждое дополнительное ядро процессора при любом количестве задействуемых узлов кластера.

По всей видимости, на рынке установится какая-то “промежуточная” цена для HPC-лицензий, которая будет удовлетворять следующим условиям:

- с одной стороны, цена не должна быть запретительной, чтобы применять коммерческие CAE-технологии мог широкий спектр пользователей;
- с другой стороны, цена должна сохранить для вендоров привлекательность вложений в HPC-технологии, гарантируя их окупаемость и какую-то прибыльность;
- цена должна обеспечивать необходимый уровень вложений вендоров в CAE-инструменты, чтобы превосходство в качестве коммерческих пакетов оправдывало отказ от применения пакетов OpenFOAM с открытой лицензией, популярность которых

**Табл. 1. Основные отчетные данные ANSYS за 2000÷2010 гг. (млн. USD)**

Показатели	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Общий доход, в том числе:	74.5	84.8	91.0	113.5	134.5	158.0	263.6	385.3	478.3	516.9	580.2
• от продажи ПО ( <i>software licenses</i> )	43.5	45.3	48.2	58.4	71.3	85.7	156.9	253.3	318.1	315.6	351.0
• от оказания услуг ( <i>maintenance and service</i> )	31.0	39.5	42.8	55.1	63.2	72.3	106.7	132.0	160.2	201.3	229.2
Распределение общего дохода по странам и регионам, в том числе:											
США и Канада, в том числе:	36.1	40.4	41.4	42.9	50.9	56.9	98.5	138.6	159.7	180.3	198.5
• США	34.3	38.7	39.6	37.3	46.7	52.5	94.3	131.8	151.7	172.3	188.6
• Канада	1.8	1.7	1.8	5.6	4.2	4.4	4.2	4.8	8.0	8.0	9.9
Европа, в том числе:	23.4	25.5	29.9	43.8	54.3	65.0	104.8	160.0	195.6	190.5	198.6
• Германия	8.6	10.4	8.7	15.2	20.2	23.4	34.6	51.0	68.4	55.6	60.4
• Великобритания	н/д	н/д	н/д	10.6	11.9	11.8	19.4	н/д	н/д	н/д	н/д
• другие европейские страны	14.8	15.1	21.2	18.0	22.2	29.8	50.8	109.0	127.2	134.9	138.2
Другие регионы, в том числе:	15.0	19.0	19.7	26.8	29.3	36.1	60.3	88.8	123.0	146.0	183.2
• Япония	8.8	11.0	10.4	15.9	17.0	19.9	35.4	50.9	67.0	75.2	95.5
• другие страны мира	6.2	8.0	9.3	10.9	12.3	16.2	24.9	37.9	56.0	70.8	87.7
Расходы на НИР и разработку	14.5	16.9	19.6	23.8	26.9	30.7	49.4	56.5	71.6	79.9	89.0
Расходы на маркетинг, организацию продаж и содержание администрации	18.0	19.7	20.1	24.8	39.8	43.3	86.9	115.1	134.9	137.3	155.1
Денежные средства и приравненные к ним высоколиквидные инвестиционные инструменты	6.3	28.5	46.2	78.0	83.5	176.2	104.3	171.9	233.9	343.8	472.9
Чистая прибыль	16.3	13.7	19.0	21.3	34.6	43.9	14.2	82.4	111.7	116.4	153.1

растет при расширении спектра пользователей CAE- и HPC-технологий.

#### ✓ “РасCUDAхавшиеся” CAE-инструменты

Совершенно иной подход к лицензированию предлагает ANSYS в случае применения набирающей популярность технологии CUDA (*Compute Unified Device Architecture*) от компании NVIDIA для ускорения параллельных вычислений. Если вычисления проводятся на многоядерных графических процессорах общего назначения GPGPU (*General-Purpose computing on Graphics Processing Units*) с применением оптимизированного под технологии CUDA пакета ANSYS HPC, то достаточно иметь только CUDA-лицензию – приобрести какие-либо дополнительные лицензии не требуется.

Компания Dassault Systèmes тоже оптимизировала для применения технологии CUDA свой флагманский CAE-инструмент SIMULIA Abaqus/FEA в рамках релиза 6.11, выпущенного в мае 2011 года. Еще один CAE-инструмент, “заточенный” под технологию CUDA, теперь принадлежит компании Altair Engineering – это разработанный компанией ACUSIM продукт AcuSolve.

#### ✓ HPC-технологии “затачиваются” под CAE-инструменты

Еще совсем недавно мощные рабочие станции или компактные серверы на базе многоядерных процессоров, которые называют также персональными суперкомпьютерами, только появился на рынке, а сейчас для них уже считается стандартным минимальное быстродействие 1 TFLOPS. Производители HPC-технологий продолжают поиски наиболее

эффективной конфигурации рабочей станции (компактного сервера) для различных классов задач и софтверных инструментов, включая, конечно же, и средства для инженерного анализа.

Лидер рынка CAE, компания ANSYS, первой начала активное сотрудничество с ведущими производителями инструментов для высокопроизводительных вычислений с целью их оптимизации для работы с CAE-приложениями. Результатами такого сотрудничества являются:

- Cray CX1-iWS – интегрированная рабочая станция (*Integrated WorkStation – iWS*) от компании Cray. Она сочетает возможности кластера, работающего под управлением ОС Microsoft Windows HPC Server 2008, и рабочей станции, работающей под Windows 7;
- кластер Appro Ready-To-Go от компании Appro International;
- рабочая станция HP Z800 от компании Hewlett-Packard.

Все эти платформы сертифицированы для работы с пакетом ANSYS HPC.

Еще одним примером сотрудничества CAE-вендора с производителями HPC-систем является оптимизация кластера Hyperform HPC компании Silicon Mechanics для работы с приложениями Abaqus FEA, созданными в подразделении SIMULIA компании Dassault Systèmes. Кластер разработан с использованием графических процессоров NVIDIA Tesla GPU; кроме того, он прошел сертификацию по программе Intel Cluster Ready.

#### ✓ Операционная система для вычислительной платформы

Недавно был выпущен второй релиз операционной системы Windows 2008 HPC R2. В своей деятельности компания Microsoft обычно ориентируется на массового пользователя, и в этом случае она тоже делает ставку на широкий круг специалистов, работа которых связана с проведением больших объемов вычислений, – на инженеров и ученых. Их число оценивается величиной в несколько десятков миллионов. Поскольку эта категория пользователей привыкла к работе в среде Windows, им не составит труда освоить новую ОС для параллельных вычислений. Важно также, что профессионалы-расчетчики не ориентированы на применение системы Linux, установленной на подавляющем большинстве суперкомпьютеров (порядка 90%) из списка Top500 и распространенной среди специалистов-системщиков в области.

#### ✓ Инструменты инженерного анализа “витают в облаках”

Облачные технологии являются довольно перспективным и

CAE markets' size (USD and EUR) and growth rates (%) for 2007÷2010

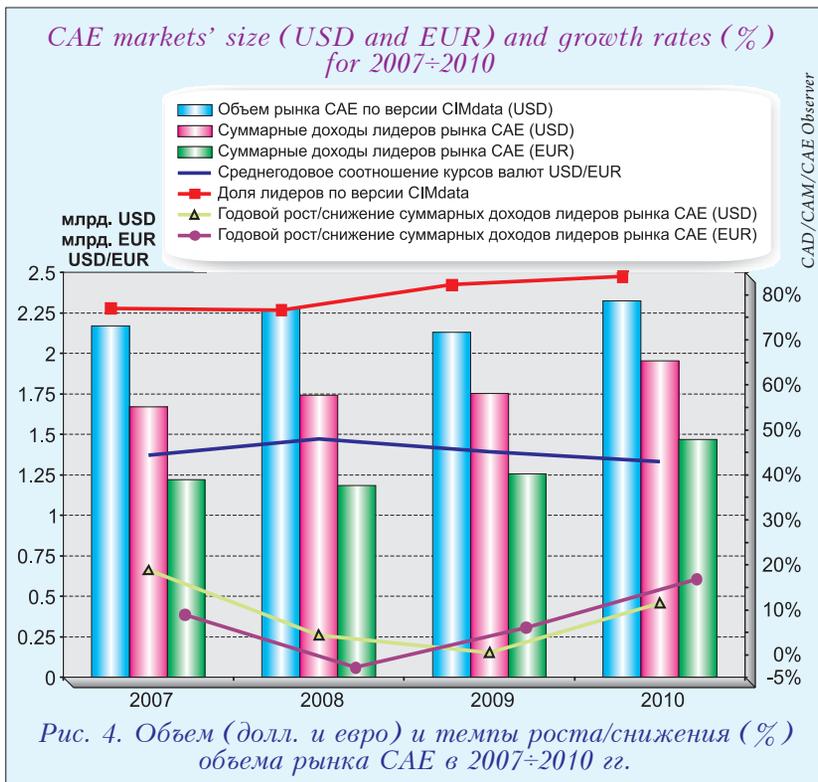


Рис. 4. Объем (долл. и евро) и темпы роста/снижения (%) объема рынка CAE в 2007–2010 гг.

быстроразвивающимся сегментом рынка *НРС*-технологий, который сулит значительный прирост доходов. По оценкам аналитиков, в ближайшие годы их суммарный объем будет исчисляться уже десятками миллиардов долларов. Однако, как и любой другой инструмент, облачные вычисления должны занять свое место в спектре предложений. При этом оценка эффективности инструмента, по всей вероятности, должна быть достаточно трезвой, свободной от модной маркетинговой конъюнктуры и пережестов, подобных недавним высказываниям аналитиков компании *IDC*, которые предрекают печальную будущность компаниям, которые “не перейдут в облака”, сравнивая их с компаниями, прозевавшими революционный переход от *мейнфреймов* к персональным компьютерам.

У *CAE*-технологий имеется своя специфика. Поэтому вендоры, в поиске ответов на уже реальные “облачные вызовы”, будут искать такие решения, которые не будут являться простым переводом на другой носитель имеющихся *CAE*-инструментов. Речь идет о поиске точек дальнейшего роста возможностей *CAE*-технологий. В данном случае это немыслимо без учета влияния со стороны *НРС*-технологий так же, как развитие *НРС*-технологий немыслимо без учета влияния со стороны *CAE*-технологий.

Теперь перечислим некоторые достижения в сфере облачных вычислений:

- Пионером в деле предложения вычислительной платформы, как мы уже писали (#4/2009), является британская команда, работающая под брендом *dezineforce*. Подписываясь на услугу, пользователь сам определяет требуемый ему объем высокопроизводительных вычислений на кластере, а также необходимые ему коммерческие *CAE*-системы. В настоящее время в этот набор входят программы от компаний *ANSYS*, *MSC.Software* и *Dassault Systèmes*. Надо отметить, что подобные услуги отнюдь не дешевы, так что говорить об их массовом распространении среди расчетчиков пока достаточно сложно. Тем не менее, это направление развивается, и предложение исходит от организаций, располагающих удаленным доступом к суперкомпьютеру через интернет.

- Для становящихся популярными распределенных вычислений с использованием графических процессоров, появилось предложение под названием *GPU*-кластер, доступный через *web*-сервис *Amazon Elastic Compute Cloud (EC2)* на сайте *Amazon Web Services*.

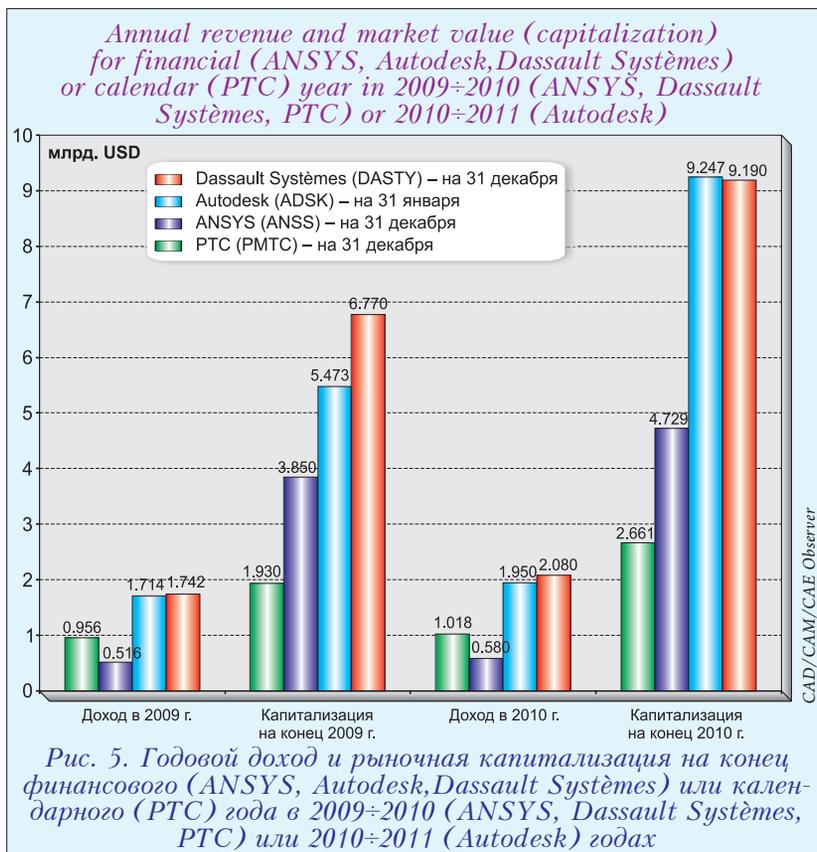
- Интересно отметить и новые разработки, способствующие более широкому распространению применения разнообразных вычислительных платформ. Так, аспиранты Массачусетского технологического института (*Massachusetts Institute of Technology – MIT*) написали программы, которые позволяют

использовать смартфон в качестве терминала для суперкомпьютера. Учитывая, что объемы данных при моделировании процессов достаточно велики, такие приложения пока можно считать эффективными скорее для управления задачами, заранее подготовленными к расчетам на суперкомпьютере, чем для визуализации полученных результатов в смартфоне и их последующего анализа. Здесь, по всей видимости, можно говорить об аналогии с мобильным вариантом системы *Teamcenter* от *Siemens PLM Software*, востребованной удаленными пользователями планшетников для обращения к системе управления данными об изделии.

- Среди предложений *CAE*-вендоров начинают появляться инструменты для инженерного анализа, предназначенные для распространения по модели “софт как услуга”. В качестве примера можно привести пакет *PBS Works* от компании *Altair Engineering*.

Значительное внимание “облачной” тематике было уделено на недавнем мероприятии *Autodesk University 2010*. В настоящее время в *R&D*-подразделениях компании *Autodesk* ведется разработка нескольких облачных проектов, один из которых затрагивает пакет *Autodesk MoldFlow Insight*.

- Компания *NEi Software*, которая специализируется на разработке *FEA*-приложений, базирующихся на системе *NEi Nastran*, выпустила бесплатную программу *NEi Stratus*. Эта программа позволяет проводить простейшие прочностные расчеты на мобильных устройствах *iPhone* и *iPad*.



В дальнейшем предполагается снабдить пользователей этих устройств FEA-приложением с более широкими возможностями, которое будет распространяться как “софт по запросу”.

## Топ-10 рынка CAE

Теперь перейдем к анализу финансовых результатов рынка CAE в 2010 году и представим на суд читателей обновленный список Топ-10. Впервые мы составили его в прошлом году, выбрав в качестве “проходного балла” величину годовых доходов не менее 50 млн. долларов.

**1 ANSYS** (биржевой индекс ANSS), будучи уже пятый год единоличным лидером рынка CAE, успешно соревнуется со своими собственными показателями. В 2010 году компания заработала **580.2 млн. долларов** (рис. 1). Таким образом, на 12.3% (рис. 2) превышен результат 2009 года, когда компания впервые преодолела полумиллиардный рубеж (516.9 млн. долларов).

Значительную часть заработанного (351 млн. долларов, или 60.5%) составляют доходы от продажи новых лицензий. На долю доходов от оказания услуг приходится 229.2 млн. долларов, или 39.5% (табл. 1). Рекордный квартальный показатель, 166.6 млн. долларов, был достигнут в IV кв. 2010 года (рис. 3), и он на 10.8% превысил рекорд четвертого квартала 2009 года (150.4 млн.).

Сейчас на ANSYS работает более 1700 человек. Штаб-квартира компании располагается в городе *Canonsburg* (Пенсильвания, США).

**2 Dassault Systèmes** (биржевой индекс DASTY), лидер рынка PLM, в десятке топовых компаний рынка CAE находится на втором месте. Работы в области CAE-технологий активно развиваются под брендом *SIMULIA*.

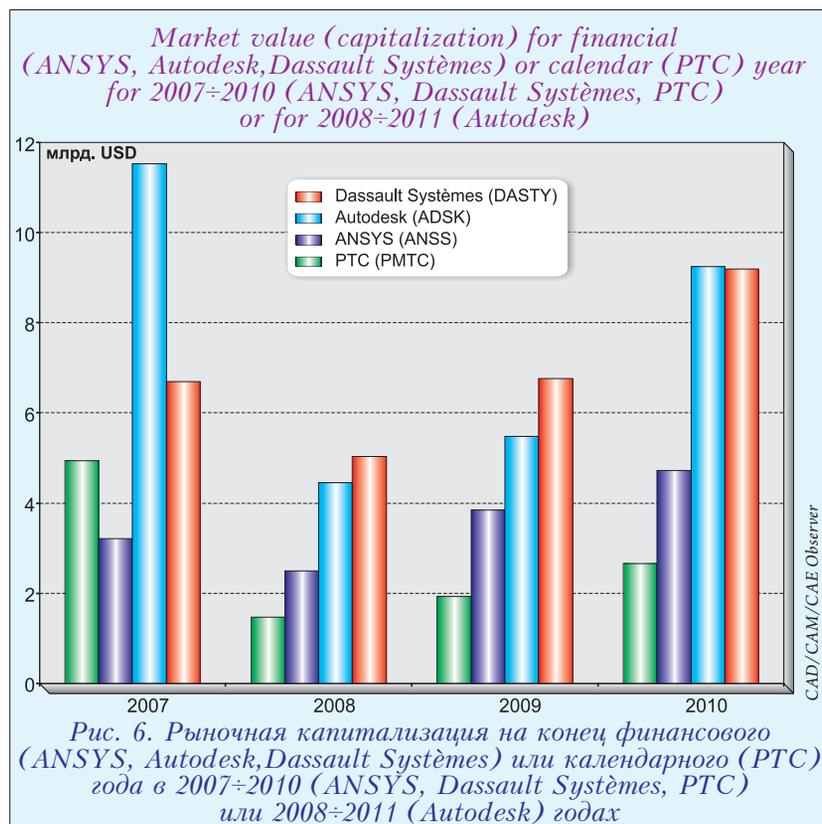
Отдельной строкой информация о доходах от продажи CAE-технологий в финансовых отчетах компании не представлена, однако можно подсчитать суммарную выручку от продажи продуктов под брендами *SIMULIA* и *DELMIA*. Аналогично тому, как мы сделали при составлении Топ-10 в 2009 году, принимаем допущение, что выручка от продажи *DELMIA* примерно соответствует выручке от продажи инструментов инженерного анализа, включенных в пакеты *CATIA* и *SolidWorks*. Таким образом, “разменяв” CAE-часть *CATIA* и *SolidWorks* на *DELMIA*, мы будем отождествлять суммарный доход от продажи продуктов под брендами *SIMULIA* и *DELMIA* с объемом продаж CAE-технологий.

В 2010 году объем продаж инструментов инженерного анализа можно оценить суммой 243 млн. евро или **322.6 млн. долларов** (рис. 1, 2). Если сравнить его с результатами 2009 года (198.7 млн. евро или 277.0 млн. долларов), то видно, что прирост при подсчете в евро и долларах соответственно составляет 22.3% и 16.5%. Таким образом, рост доходов от продаж продуктов с брендом *SIMULIA* исчисляется двузначной цифрой процентов (*double digit*), как об этом и сообщает на протяжении последних лет руководитель компании *Bernard Charlès*, подводя итоги финансового года. Рекордный квартальный показатель 94.4 млн. долларов достигнут в IV кв. 2010 года (рис. 3).

Подразделение *SIMULIA* европейской компании *DS* имеет штаб-квартиру в городе *Providence* (Род-Айленд, США).

**3 MSC.Software** в Топ-10 отведено третье место. Последние опубликованные финансовые результаты компании *MSC.Software* относятся к II кв. 2009 года (рис. 3). После её приобретения компанией *Symphony Technology Group*, она перестала быть публичной.

В этом исследовании для оценки годового дохода в долларах для *MSC.Software* и всех компаний, воздержавшихся от публикации своих результатов в 2010 году (позиции 4, 5, 6 нашего Топ-10), мы воспользуемся цифрами *CIMdata* для роста/снижения дохода каждой отдельной компании. Напомним, что для оценки доходов за 2009 год тех компаний, которые не открывают свои показатели, мы брали цифры за 2008 год и уменьшали на одинаковую величину падения рынка CAE – 6.4%, по версии *CIMdata*.



Сразу отметим, что, ввиду отличия исходных данных, показатели годового дохода в нашем Топ-10 и в оценке *CIMdata* разнятся.

Оценочный годовой доход *MSC.Software* в 2010 году получается уменьшением оценочного показателя за 2009 год (238.1 млн.) на 5.6%, что в результате дает **224.9 млн. долларов.**

Следует отметить, что компания в 2010 году преуспела в систематизации и совершенствовании решений, составляющий её портфель, а также в поиске новых клиентов. Однако, судя по опубликованной информации, говорить о росте дохода компании, по всей вероятности, еще рано, а, значит, особых оснований для корректировки указанной выше оценки нет.

Число сотрудников *MSC.Software* в 2009 году составляло порядка 1000 человек; более поздние данные отсутствуют. Штаб-квартира *MSC.Software* находится в городе *Santa Ana* (Калифорния, США).

**4** *LMS International* занимает в списке 4-е место. Последний раз компания обнародовала свои доходы по результатам 2008 года (рис. 1). В соответствии с допущением, сделанным при рассмотрении результатов *MSC.Software*, доход *LMS International* за 2010 год оценивается цифрой **189.8 млн. долларов** (или 142.7 млн. евро). Это на 14.8% больше, чем в 2009 году (165.3 млн. долларов, или 118.6 млн. евро).

В 2009 году у этой компании было свыше 890 сотрудников; более поздние данные не опубликованы. Штаб-квартира размещается в бельгийском городе *Leuven*.

**5** *Altair Engineering* находится на 5-м месте. Известен годовой доход компании за 2008 год (рис. 1). Оценочный годовой доход *Altair Engineering* за 2010 год составляет, в соответствии с нашим допущением, сумму **168.4 млн. долларов.** Это на 18.4% больше, чем в 2009 году, когда компания заработала 142.3 млн. долларов.

Безусловными достижениями компании в 2010 году являются 30%-ное увеличение дохода от продажи САЕ-инструментов для аэрокосмической промышленности, а также проведение крэш-моделирования для всего транспортного средства целиком менее чем за 24 часа после получения САЕ-данных.

Кроме того, на счету *Altair Engineering* приобретение двух американских компаний: в октябре 2010 года была куплена *SimLab Corporation*, а в январе 2011 года – *ACUSIM Software, Inc.* О последнем приобретении мы уже упоминали в первой части нашего обзора.

В 2009 году количество сотрудников составляло порядка 1300 человек, более

поздние данные отсутствуют. Штаб-квартира компании находится в городе *Troy* (Мичиган, США).

**6** *Siemens PLM Software* – третий номер в рейтинге рынка *PLM* – мы ставим на 6-е место. В соответствии с нашим допущением, оценочный доход компании за 2010 год составляет **112.4 млн. долларов**, что на 6.7% больше, чем 105.3 млн. в 2009 году.

САЕ-составляющая флагманского пакета *NX CAE* обладает развитыми возможностями мультифизического моделирования, основой которых является функционал популярного продукта *NX Nastran*.

Напомним, что подразделение *Siemens PLM Software* европейской компании *Siemens* располагается в городе *Plano* (Техас, США).

**7** *ESI Group* (биржевой индекс *ESI.PA*) занимает 7-ю ступеньку. Уже третий год подряд компания успешно преодолевает долларовый 100-миллионный рубеж. В 2010 финансовом году (завершился 31.01.2011 г.) *ESI Group* заработала 84.2 млн. евро (**111.8 млн. долл.**). В сравнении с показателями 2009 года (75.1 млн. евро или 104.7 млн. долл.), рост годового дохода в евро составил 12.1% (в долларах вдвое меньше – 6.8%).

В конце апреля 2011 года *ESI Group* приобрела разработки американской компании *Comet Technology Corporation*, включая пакет для моделирования низкочастотного шума и вибраций *COMET Acoustics*.

В штате *ESI Group* примерно 750 сотрудников; штаб-квартира находится в столице Франции городе Париже.

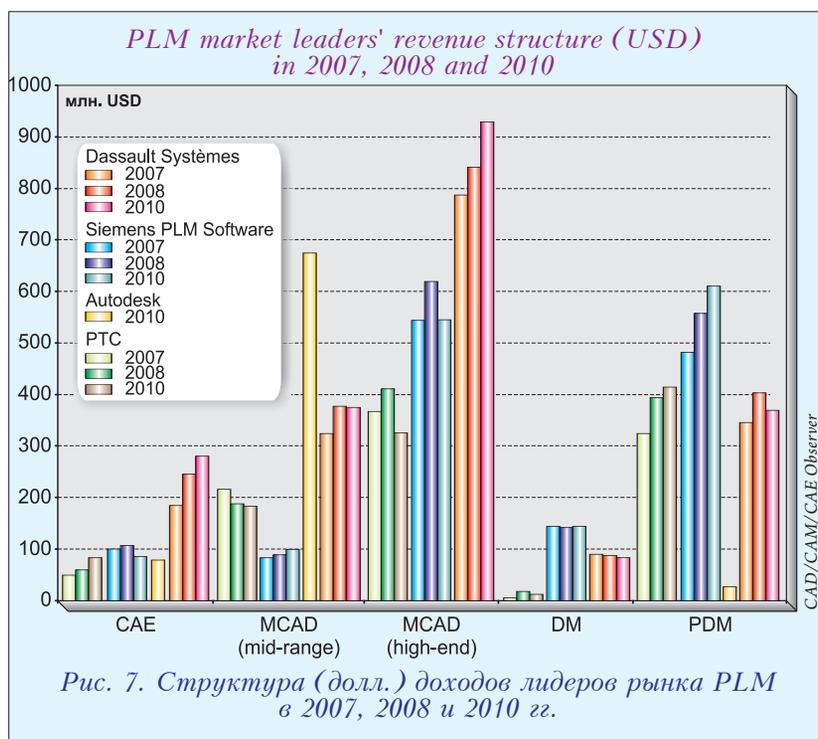


Рис. 7. Структура (долл.) доходов лидеров рынка *PLM* в 2007, 2008 и 2010 гг.

8 **CD-adapco** с годовым доходом более **100 млн. долларов** стоит на 8-м месте. Именно такое значение эта частная компания приводит на своем сайте.

Компания специализируется на разработке **CFD**-решений под брендом **STAR-CD**. Для каждой ведущей **CAD**-системы, включая **CATIA**, **SolidWorks**, **NX CAE** и **Pro/ENGINEER**, компания предлагает специально заточенный **CFD**-инструмент.

В **CD-adapco** работает примерно 500 сотрудников; штаб-квартира находится в городе **Melville**, штат Нью-Йорк, США.

9 **Autodesk** (биржевой индекс **ADSK**), №2 в рейтинге “королей” **PLM**, в нашем топе занимает всего лишь 9-е место. По нашей оценке, доход компании от продажи **CAE**-инструментов составляет порядка **85 млн. долларов**.

Став поставщиком систем для инженерного анализа после ряда приобретений участников рынка **CAE**, свой годовой доход от продажи **CAE**-инструментов **Autodesk** никогда не публиковала. В середине 2008 года ею была приобретена компания **Moldflow** (годовой доход на момент приобретения оценивался суммой 60.3 млн. долл.), в конце 2008 года – компания **Algor** (сумма сделки составила 23 млн. долл.). Приобретение за 39 млн. долл. в феврале 2011 года

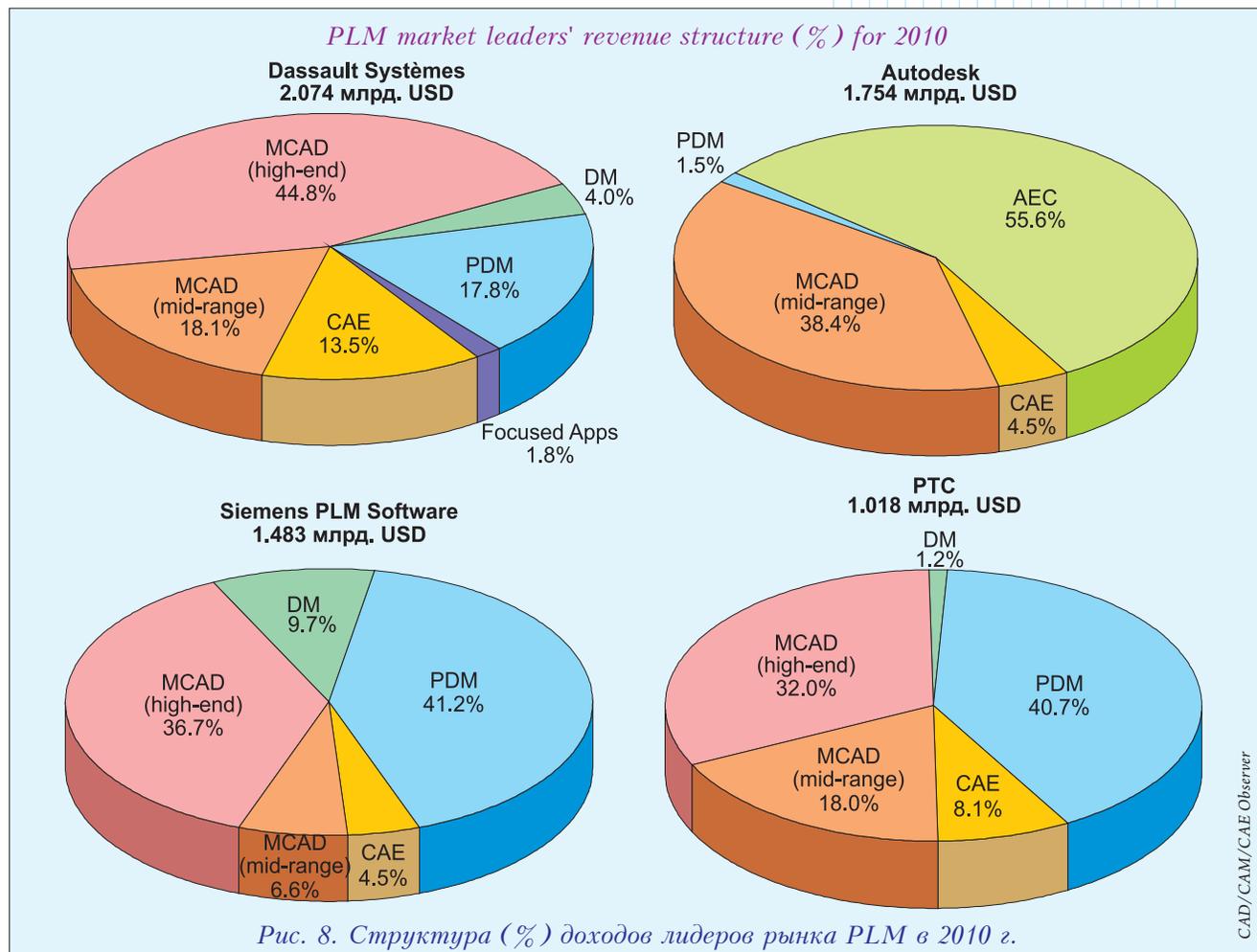
компании **Blue Ridge Numerics** добавит к **CAE**-доходу **Autodesk** примерно 13-15 млн. долл., что уже в 2011 году может помочь компании преодолеть рубеж в 100 млн. долларов.

Штаб-квартира **Autodesk** размещается в городе **San Rafael**, штат Калифорния, США.

10 **PTC** (биржевой индекс **PTMC**), четвертый номер в рейтинге рынка **PLM**, замыкает горячую десятку. По нашей оценке, доход компании от продажи **CAE**-инструментов в 2010 году не изменился, в сравнении с 2009 годом, и составляет порядка **57 млн. долларов**.

По всей видимости, после завершения интеграции имеющихся продуктов под новым брендом **Creo Elements/Pro** компания займется усилением своего нового продукта по всем направлениям, включая и **CAE**, дополнив его, как минимум, **CFD**-решениями. Представляется, что компании **PTC** вполне по силам приобрести игрока класса **CD-adapco**. Такой шаг существенно укрепил бы позиции компании не только на рынке **CAE**, но и на рынке **PLM**, существенно расширив клиентскую базу в различных отраслях промышленности.

Штаб-квартира **PTC** находится в городе **Needham**, штат Массачусетс, США.



Суммарные доходы за 2010 год всех десяти компаний, входящих в наш рейтинг, составляют примерно 1.952 млрд. долларов. Таким образом, они дают 84% всего объема рынка CAE, достигающего, по версии CIMdata, 2.324 млрд. долл. (рис. 4). В 2009 году доля лидеров была поменьше (82.9% от 2.130 млрд. долл.), в 2008 году – 76.6% от 2.275 млрд. долл., а в 2007 году – 77.0 % от 2.169 млрд. долл.

Еще раз отметим, что для шести компаний из 10-ти показатели за 2009–2010 гг. получены оценочным путем, поскольку регулярно публикуют свои финансовые отчеты только три публичные компании, а из остальных лишь одна сообщила о своих доходах.

В качестве “информации к размышлению” предлагаем нашим читателям оценить место ANSYS, “короля” рынка CAE, в окружении “королей” PLM, взглянув на рис. 5, 6, где представлены доходы и капитализация компаний за 2009–2010 годы.

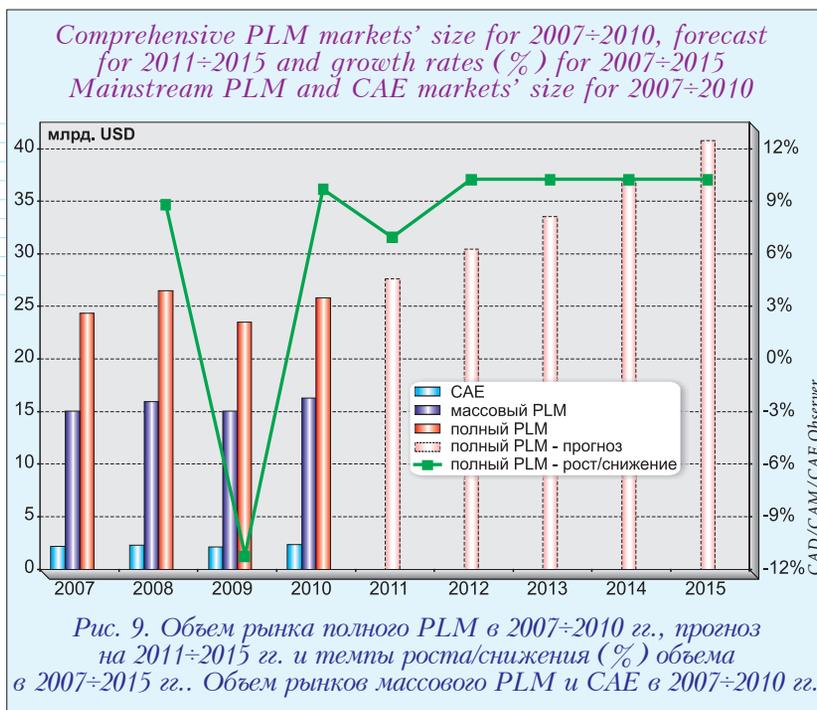
## Структура доходов ведущих поставщиков САПР/PLM. Прогноз объема рынка PLM

В заключение обзора кратко остановимся на оценках доли CAE-технологий в годовом доходе ведущих поставщиков PLM-систем, что позволит узнать их “вес” в сравнении с другими. Наши диаграммы (рис. 7, 8) построены после трудоемкой “оцифровки” графиков CIMdata, поскольку числовые данные эта компания не публикует. Стоит подчеркнуть, что точность нашей “оцифровки” графиков ничуть не ниже, чем у собственно цимдатовских оценок, которые впоследствии многократно уточняются. ☺

На диаграмме (рис. 7) представлены данные за 2007, 2008 и 2010 годы, а кризисный 2009 год пропущен.

В 2010 году к “большой тройке” (Dassault Systèmes, Siemens PLM Software и PTC) добавилась компания Autodesk, которую CIMdata впервые признала PLM-компанией, оценив, таким образом, её усилия в разработке технологии цифрового прототипа (Digital Prototyping – DP). В отличие от термина “массовый PLM”, принятого CIMdata, в прошлом обзоре мы называли эти средства “PLM для каждого инженера”. Обратите внимание, что из годового дохода Autodesk в диаграммах, построенных по данным CIMdata, вычтены доходы от реализации продуктов подразделения Media and Entertainment; кроме того, Autodesk – единственная компания, у которой есть доходы от продажи архитектурно-строительных систем.

Данные CIMdata, представленные на круговых диаграммах (рис. 8), после оцифровки воспроизведены без какого-либо препарирования. В этой связи показатели CAE-доходов, полученные перемножением,



могут отличаться от приведенных в нашем Топ-10. По мнению автора, такие диаграммы дают ценный материал для размышлений. Однако при этом надо считаться с тем, что точность оценок для отдельных элементов структуры будет существенно ниже, чем для интегральных величин – за тем редким исключением, когда каждая (!) исследуемая компания снабжает аналитиков точными финансовыми данными.

Начиная с 2010 года, который можно считать годом завершения мирового экономического кризиса, компания CIMdata сочла возможным применить свою методику краткосрочного прогнозирования на пятилетний период. Результаты такого прогнозирования, полученные на основе оцифровки оригинального графика CIMdata, воспроизведены на диаграмме в принятом нами стиле (рис. 9). Судя по этому прогнозу, рынок PLM ожидает светлое будущее со стабильными 10%-ными показателями роста вплоть до объемов, превышающих в 2015 году 40 млрд. долларов.

На наш взгляд, объемы рынка CAE могут продемонстрировать и более быстрый рост, поскольку в ближайшее время распространенность CAE-технологий в процессе проектирования машиностроительных изделий будет подстегиваться прогрессом HPC-технологий, которые в перспективе обещают стать если не массовыми, то значительно более востребованными. ☺

### Об авторе:

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