

## **Некоторые тенденции развития систем моделирования эксплуатационных качеств изделий на ЭВМ и рынка этих систем**

**А. С. Васильев, Ю. В. Суханов**

Производство и предоставление пользователям ИТ-товаров и ИТ-услуг является одним из наиболее инновационных, динамично развивающихся, масштабных и востребованных в мире и в России [1]. В этой сфере все большее место занимают разработка и представление пользователям современных средств инженерного анализа и расчета [2].

В числе этих средств важное место занимают системы «САЕ» (Computer-Aided Engineering) – программные продукты, использующие метод конечных элементов, метод конечных разностей, метод конечных объемов и другие математические методы для анализа работоспособности изделий без затратных по времени и средствам экспериментов. «САЕ» включают в состав систем автоматизированного проектирования (САПР), автоматизированного анализа (САА), компьютерно-интегрированных производств (СІМ), компьютерно-инжиниринговых (САМ), планирования потребности в материалах (MRP) и автоматизированного планирования (САР). САЕ средства используются, например, для анализа надежности и производительности узлов и агрегатов, моделирования, проверки и оптимизации продукции и производственных инструментов.

Решение задач инженерного анализа с помощью «САЕ» систем можно разделить на три этапа [3, 4]:

1. Постановка задачи – выбор модели для анализа, описание действующих нагрузок, параметров, условий, связей, факторов окружающей среды и т.д.;
2. Анализ – выполнение расчетов с помощью «САЕ» инструментов, как правило, требующий применения мощных компьютеров;

3. Обработка и выдача результатов в удобном для интерпретации виде (с применением средств визуализация, в виде диаграмм, таблиц и т.д.).

Новые черты в рассматриваемой сфере носят настолько важный характер, что позволили А.И. Боровкову, Ю.Я. Болдыреву и В.С. Заборовскому говорить о становлении принципиально нового направления в фундаментальных основах инженерного знания – суперкомпьютерного инжиниринга. При этом выделены следующие наиболее важные отличительные черты суперкомпьютерного инжиниринга:

1. Резко возросшие возможности в вычислительных ресурсах, когда инженерное и научное сообщество получило неисчерпаемые вычислительные мощности;

2. Обеспеченные ростом вычислительных ресурсов возможности для решения качественно новых классов задач – междисциплинарных (мультидисциплинарных) задач, максимально близко описывающих реальный физический мир (в инженерном деле мир машин и систем).

Такой подход, получивший в последние годы наименования концепции «Simulation Based Design» («Моделирование как основа проектирования») активно развивается ведущими мировыми ИТ-компаниями, в первую очередь теми, которые доминируют на рынке «CAE» [5].

Поскольку ожидается, что «CAE» системы станут основными поставщиками информации для поддержки команд разработчиков в принятии решений [6, 7], то в рамках исследований и разработок, проводимых Петрозаводским государственным университетом совместно с ОАО «Петрозаводскмаш» и ЗАО «АЭМ-технологии» [8 - 15], выполнен анализ некоторых тенденций развития систем моделирования эксплуатационных качеств изделий с использованием ЭВМ и рынка этих систем.

Среди «CAE» систем выделяют [16]:

- системы полнофункционального инженерного анализа с большими хранилищами типов для сеток конечных элементов и всевозможных физических процессов;

- системы инженерного анализа – программные продукты встроенные в «тяжелые» САПР, имеющие значительно менее мощные средства анализа, но интегрированные в общую систему проектирования;

- системы инженерного анализа среднего уровня не имеющие мощных расчетных возможностей, которые хранят данные в собственных форматах, некоторые из них включают в состав встраиваемый интерфейс в САД-системы, другие только считывают геометрические данные из САД.

По прогнозу «TechNavio» (весна 2013 года) рынок САЕ в ближайшие пять лет будет ежегодно расти на 11,18 % и к 2016 г. достигнет 3,4 млрд. долларов. Этот рост обусловлен целым рядом факторов, главный из которых — необходимость ускорения выпуска продукции на рынок. Самым большим с точки зрения востребованности САЕ в 2012-м стала Северная Америка, а по темпам роста – Азиатско-Тихоокеанский регион. Самый высокий рост спроса на САЕ ожидается в автомобильной промышленности, а наименьший – в тяжелом машиностроении. Ведущие позиции на рынке САЕ занимают 11 компаний, которые обеспечивают около 90% всего рынка. Кроме того, области САЕ-систем работает немало менее крупных компаний, но их число сокращается, так как их покупают более крупные игроки ради их технологий и программных продуктов [16].

Крупнейшие игроки на рынке «САЕ»-систем [17]: «ANSYS», «Dassault Systemes», «MathWorks», «MSC Software», «Altair Engineering», «ESI Group», «Siemens PLM Software», «CD-adapco», «Autodesk», «PTC» (штаб-квартиры в США, Великобритании, Бельгии, Франции).

Компания «ANSYS» [18, 19] (2,6 тыс. сотрудников), основанная в 1970 году, заняла ведущую позицию на рынке САЕ-технологий в 2006 г. «ANSYS» в 2012 г. заработала 798 млн. долларов (прирост к 2011 г. – 15,4 %). У компании «ANSYS» более 40000 клиентов по всему миру, к которым относятся 96 из 100 лучших промышленных компаний из списка Fortune. Компания сама ведет разработку программного обеспечения, затрачивая на новые решения в среднем 15 % годового дохода, т. е. ее суммарные расходы на НИОКР с 2000

по 2012 г. достигли 719 млн. долларов (один из самых лучших показателей среди всех компаний-разработчиков CAE-систем). Инновационный потенциал и результативность компании характеризуются тем, что около 63 % ее доходов составляют доходы от продажи новых лицензий (остальные доходы от оказания услуг). Для расширения портфеля своей продукции «ANSYS» поглощает компании-разработчики передовых технологий инженерного анализа и моделирования. Компания, будучи лидером рынка «MCAE», возглавила CFD-сегмент (вычислительная гидроаэродинамика) с продуктами «CFX» и «Fluent» и стала участником EDA-сегмента с набором продуктов от компаний «Ansoft» (высокочастотные электромагнитные поля) и «Apache Design Solutions» (электронное проектирование).

Компания «Dassault Systemes» [19, 20] (около 9,5 тыс. сотрудников) занимает на рынке CAE-технологий второе место, работая под брендом «SIMULIA», появившимся после приобретения в 2005 г. компании «ABAQUS». У компании более 170 тыс. корпоративных клиентов в 120 странах мира. У компании большой научно-исследовательский отдел (около 4,5 тыс. инженеров), состоящий из 31 лабораторий. Инструменты для инженерного анализа содержатся в пакетах «CATIA» и «SolidWorks». Компания «Dassault Systemes» расширила предложения в сфере инженерного анализа изделий из композитов DS приобретя в 2011 г. компанию «Simulaut Ltd» (Великобритания) и объявила о партнерстве с британским «National Composites Center». В 2012 г. объем продаж компанией инструментов инженерного анализа оценивается в 496 млн. долларов (прирост к 2011 г. – 25 %).

Компания «Siemens PLM Software» [17, 19] (около 7,5 тыс. сотрудников) в ноябре 2012 г. поглотила другого крупного игрока CAE-рынка «LMS International». Компания «Siemens PLM Software» известна своим флагманским пакетом «NX» у которого хорошо развита CAE-составляющая. В 2011 году «Siemens PLM Software» приобрела компанию «VISTAGY» (проектирование и производство изделий из композиционных материалов),

что позволило усилить продукт. Поглощенная компания «LMS International» была известна своими инструментами для тестирования и моделирования мехатронных систем, а также инструментами линейного и нелинейного прочностного анализа для авиационной промышленности. Совокупный доход компании «Siemens PLM Software» за 2012 год (совместно с «LMS International») оценивается аналитиками в 400 млн. долларов.

Компания «MathWorks» [17] (2,4 тыс. сотрудников) имеет флагманские разработки: «MATLAB» (среда для численных и технических расчетов, разработки алгоритмов, анализа и визуализации данных) и «Simulink» (графическая среда для моделирования и проектирования на основе моделей сложных динамических и встроенных систем), на базе которых сторонними организациями создано несколько сотен продуктов. Среди более 1 млн пользователей продукции «MathWorks» есть компании аэрокосмической, оборонной, автомобильной, биофармацевтической, электронной промышленности, энергетики, телекоммуникаций, а также сотрудники и студенты более 5 тыс. университетов.

Компания «MSC Software» [17] (около 1 тыс. сотрудников, основной продукт – система «NASTRAN») является одной из старейших компаний – в 2013 году компания отметила 50-летний юбилей. С 2011 г. в рамках соглашения о стратегическом сотрудничестве с испанской компанией «Next Limit Technologies», предлагает на рынке и совершенствует ее CFD-продукт «Xflow», а в 2011 г. приобрела компанию «Free Field Technologies» (инструменты для решения задач акустики и вибрационного анализа).

Компания «Altair Engineering» [17, 19] (около 1,8 тыс. сотрудников) ведет собственные разработки и приобретает новые технологии, в 2011 г. она поглотила компанию «ACUSIM Software», что позволило дополнить набор инструментов мощной CFD-системой, и запустила дата-центр для продвижения флагманского продукта – «HyperWorks On-Demand», созданного с применением облачных технологий. Аналитики оценивают доход компании за 2012 год в 240 млн. долларов.

Компания «ESI Group» [17, 19] (около 950 сотрудников) приобрела разработки американской компании «Comet Technology Corporation», включая пакет «COMET Acoustics» для моделирования низкочастотного шума и вибраций, а также немецкую компанию «IC.IDO» (технологии организации совместной работы географически распределенных предприятий) и шведскую компанию «Efield» (моделирование электромагнитных излучений электрических и электронных устройств). В 2012 финансовом году компания «ESI Group» заработала 152.6 млн. долларов (прирост к 2011 г. – 16,3 %)

Компания «CD-adapco» [17] (около 700 сотрудников) для каждой ведущей CAD-системы, включая «CATIA», «SolidWorks», «NX CAE» и «Pro/E», разрабатывает и предлагает специализированный CFD-инструмент под брендом «STAR-CD».

Компания «Autodesk» [17] (около 7,5 тыс. сотрудников), известная своими PLM-продуктами стала поставщиком систем для инженерного анализа после ряда поглощений участников рынка CAE (компаний «Moldflow», «Algor» и «Blue Ridge Numerics»).

Компания «Parametric Technology Corporation (PTC)» [17] (около 5 тыс. сотрудников) сконцентрировала усилия на завершении интеграции имеющихся продуктов под новым брендом «Creo» (до этого Pro/ENGINEER), в котором будет усилена, в том числе, и CAE составляющая.

Анализ показал, что растущая потребность рынка в современных средствах инженерного анализа и расчета обусловила и интенсивное развитие работающих в этой сфере ИТ-компаний, затрачивающих серьезные средства на проведение собственных НИОКР и на поглощение компаний, повышающих качество предлагаемых работ и услуг, расширяющих их нишу рынка и способствующих выходу на новые сегменты рынка.

При этом резкое расширение применения «CAE» для прочностных, тепловых электромагнитных, электродинамических, гидравлических, аэродинамических расчетов, кинематического анализа, моделирования механического воздействия, процессов литья, обработки давлением металлов

и композиционных материалов и др. подтверждает их эффективность, позволяя сократить сроки вывода на рынок современной наукоемкой продукции машиностроения, металлургии, автомобилестроения, судостроения, радиоэлектроники, архитектуры и строительства, производства изделий из композиционных материалов и др.

Положительно оценивая названные выше факторы, считаем необходимым отметить, что, по нашему мнению, пока все еще недооценен тот факт, что в процессе использования «САЕ» не только решаются задачи моделирования, оптимизации, расчетов и др., но и формируется новая интеллектуальная собственность, включая патентоспособные технологические и технические решения.

При этом, с одной стороны, общепризнан факт значения интеллектуальной собственности в деятельности предприятий, научных организаций и университетов, с другой стороны, в России все еще недооценивается значение патентной защиты интеллектуальной собственности [21 - 24]. В связи с этим считаем необходимым развитие программных продуктов в части выявления патентоспособных технических решений на стадиях автоматизированного проектирования новых изделий, моделировании, оптимизации и др. Определенный вклад в решение этих вопросов может внести развитие созданной в Петрозаводском государственном университете методология анализа и синтеза патентоспособных решений – функционально-технологический анализ [25, 26], сформированная система формирования и защиты интеллектуальной собственности и ведущаяся работа по формированию новых электронных ресурсов (баз данных и программ для ЭВМ) [27 - 29].

*Настоящая работа подготовлена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ по договору № 02.G25.31.0031 по реализации проекта «Создание высокотехнологичного производства шиберных и клиновых штамповарных задвижек для предприятий атомной, тепловой энергетики и нефтегазовой отрасли с применением наноструктурированного защитного покрытия».*

## Литература:

1. Воронин, А.В., Шегельман, И.Р. Конкуренция на рынке ИТ-товаров и ИТ-услуг: монография [Текст]. – Петрозаводск: Изд-во: ПетрГУ, 2010. – 300 с.
2. Болдырев, Ю.Я., Петухов, Е.П. Суперкомпьютерные технологии и их приложения: учебное пособие [Текст]. – СПб.: Изд-во: СПбГПУ, 2010. – 92 с.
3. McGraw-Hill Science & Technology Encyclopedia: Computer-aided engineering. Url: <http://www.answers.com/topic/computer-aided-engineering>, дата обращения 17.05.2014
4. Computer-aided engineering. Url: <http://en.academic.ru/dic.nsf/enwiki/255679>, дата обращения 17.05.2014
5. Боровков, А.И., Болдырев, Ю.И., Заборовский, В.С. Суперкомпьютерный инжиниринг [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://agora.guru.ru/abrau2013/pdf/436.pdf> (доступ свободный). – Загл. с экрана. – Яз. рус., дата обращения 17.05.2014.
6. Болдырев, Ю.Я. Суперкомпьютерные технологии как современное воплощение междисциплинарного подхода в научно-образовательной деятельности [Текст]. – СПб.: Научно-технические ведомости СПбГПУ («Информатика. Телекоммуникации. Управление»), 2010. – № 4. – С. 99-106.
7. Daintith, John. A dictionary of computing. Oxford University Press, 2004. – P. 102.
8. Васильев, А.С., Шегельман, И.Р., Щукин, П.О. Некоторые особенности технических решений на конструкции клиновых задвижек для магистральных трубопроводов предприятий атомной, тепловой энергетики, нефтегазовой промышленности [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2013, № 3. – Режим доступа: <http://ivdon.ru/magazine/archive/n3y2013/1827> (доступ свободный). – Загл. с экрана. – Яз. рус.



9. Васильев, А.С., Шегельман И.Р., Романов, А.В. Создание ресурсосберегающего производства экологически безопасного транспортно-упаковочного комплекта для перевозки и хранения отработавшего ядерного топлива // Наука и бизнес: пути развития. – Москва, 2012. – № 1(07). – С. 62-65.

10. Воронин, А.В., Шегельман, И.Р., Щукин, П.О. О стратегии повышения инновационного взаимодействия университетов с промышленностью [Текст] // Перспективы науки. – Тамбов, 2013. – № 6(45). – С. 5-8.

11. Васильев, А.С., Шегельман, И.Р., Щукин, П.О., Суханов Ю.В. Некоторые направления патентования корпусов штамповарных клиновых задвижек для магистральных трубопроводов предприятий атомной, тепловой энергетики, нефтегазовой промышленности [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2014, № 1. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n1y2014/2245> (доступ свободный). – Загл. с экрана. – Яз. рус.

12. Шегельман, И.Р., Щукин, П.О. Интеграция инновационного взаимодействия вуза и отечественного машиностроительного предприятия при реализации комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства [Текст] // Глобальный научный потенциал. – СПб, 2011. – № 8. – С. 136-139.

13. Шегельман, И.Р., Васильев, А.С., Щукин, П.О. Патентный поиск в области конструкций запорной арматуры для АЭС, ТЭС и для магистрального трубопроводного транспорта [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2013, №3. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n3y2013/1770> (доступ свободный). – Загл. с экрана. – Яз. рус.

14. Шегельман, И.Р., Щукин, П.О., Васильев, А.С. Специфика комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства в рамках интеграции университета и машиностроительного предприятия [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2012, № 3. – Режим доступа:

<http://www.ivdon.ru/magazine/latest/n3y2012/905/> (доступ свободный). – Загл. с экрана. – Яз. рус.

15. Shegelman, I.R., Romanov, A.V., Vasiliev, A.S., Shchukin, P.O. Scientific and technical aspects of creating spent nuclear fuel shipping and storage equipment // Nuclear Physics and Atomic Energy. Volume 14, Issue 1, 2013. – Pages 33-37.

16. САЕ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:САЕ\\_Системы\\_инженерного\\_анализа](http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:САЕ_Системы_инженерного_анализа) (доступ свободный). – Загл. с экрана. – Яз. рус., дата обращения 17.05.2014.

17. Компьютерный инжиниринг: учебное пособие [Текст] / А.И. Боровков, С. Ф Бурдаков, О.И. Клявин и др. – СПб, СПбГПУ, 2011. – 93 с.

18. ANSYS. Realize Your Product Promise. Url: <http://www.ansys.com/staticassets/ANSYS/staticassets/resourcelibrary/brochure/ansys-corporate-brochure.pdf>, дата обращения 17.05.2014

19. Павлов С. САЕ-технологии в 2012 году: обзор достижений и анализ рынка //CAD/CAM/CAE Observer №4 (80) 2013 г. С. 82-95.

20. Dassault Systèmes Presentation. Url: <http://www.3ds.com/fileadmin/COMPANY/Investors/Presentations/Exane-BNP-Paribas-15th-European-CEO-Seminar-JUN12th-2013.pdf>, дата обращения 17.05.2014.

21. Шегельман, И. Р., Рудаков М. Н., Одлис, Д. Б., Шегельман, И. Р. Недобросовестная и криминальная конкуренция: монография [Текст]. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2013. – 196 с.

22. Шегельман, И.Р., Кестер, Я.М., Васильев, А.С. Охрана результатов инновационной деятельности: монография [Текст]. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2012. – 332 с.

23. Шегельман, И.Р., Рудаков, М.Н., Кестер, Я.М. Рынок интеллектуальной собственности и конкуренция: монография [Текст]. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2012. – 420 с.

24. Шегельман, И.Р., Рудаков, М.Н., Шегельман, М.Р. Экономическая устойчивость предприятия: монография [Текст]. – Петрозаводск: Фонд творческой инициативы, 2010. – 300 с.

25. Шегельман, И. Р. К построению методологии анализа и синтеза патентоспособных объектов техники [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2012, № 3. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/latest/n3y2012/page/2> (доступ свободный). – Загл. с экрана. – Яз. рус.

26. Шегельман, И. Р. Функционально-технологический анализ: метод формирования инновационных технических решений для лесной промышленности: монография [Текст]. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2012. – 96 с.

27. Васильев, А. С. Патентный поиск: учебное пособие [Текст]. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2012. – 54 с.

28. Суханов, Ю.В., Васильев, А.С., Шегельман, И.Р. «Patent-программа для учета РИД». Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013614303 от 29.04.13.

29. Шегельман, И.Р. Формирование интеллектуальной собственности – важнейший элемент инновационной деятельности университетов // Инновации, 2011, № 11. – С. 10-12.