



# ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫЙ КОМПЬЮТЕРНЫЙ ИНЖИНИРИНГ: обзор рынков и технологий

Санкт-Петербург  
Издательство Политехнического университета  
2014

ББК 32.973  
В 93

Авторы:

Э.Р. Абдулбариева, Ю.Я. Болдырев, А.И. Боровков, В.И. Жигалов, К.А. Иванова, В.Н. Княгинин,  
А.А. Кузнецов, И.И. Ласкина, М.С. Липецкая, В.С. Осьмаков, Ю.Б. Ханьжина

Высокотехнологичный компьютерный инжиниринг: обзор рынков и технологий / научный редактор К.В. Дорофеев, руководитель группы В.Н. Княгинин. – СПб.: Изд-во Политехн. Ун-та, 2014. – 110 с.

Издание содержит аналитические материалы по тематике развития инжиниринговой деятельности и технологий компьютерного инжиниринга. Приводится информация о маркетинговых характеристиках рынка компьютерного инжиниринга в разрезе трех рыночных сегментов — инжиниринговых услуг, программного обеспечения для компьютерного инжиниринга, аппаратной вычислительной базы. В работе произведен обзор основных рыночных и технологических трендов в области компьютерного инжиниринга, оказывающих влияние на производственный сектор в мире и в России.

**Группа подготовки издания:**

Научный редактор: К.В. Дорофеев  
Руководитель группы: В.Н. Княгинин  
Дизайнер: О. Р. Сергеева  
Редактор: В.И. Машнина

ISBN 978-5-7422-4661-9

© Фонд «Центр стратегических разработок «Северо-Запад», 2014  
© Министерство промышленности и торговли Российской Федерации, 2014  
© Российский федеральный ядерный центр, Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики, 2014  
© Оформление. Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, 2014

## Оглавление

О ПРОЕКТЕ .....	7
ВВЕДЕНИЕ .....	8
SUMMARY .....	9
I. РЫНОК КОМПЬЮТЕРНОГО ИНЖИНИРИНГА КАК ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ .....	13
1.1. Инжиниринг как вид деятельности .....	13
1.2. Компьютерный инжиниринг как инструмент инженерной деятельности .....	15
1.3. Общая характеристика рынка компьютерного инжиниринга .....	18
II. ХАРАКТЕРИСТИКА РЫНКА ИНЖИНИРИНГОВЫХ УСЛУГ .....	25
2.1. Сегментация рынка услуг инжиниринга в географическом разрезе .....	25
2.2. Тенденции глобального рынка инжиниринговых услуг .....	25
2.3. Барьеры для входа на рынок инжиниринговых услуг .....	28
2.4. Рынок аутсорсинга инжиниринговых услуг .....	29
III. ХАРАКТЕРИСТИКА РЫНКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНОГО ИНЖИНИРИНГА .....	32
3.1. Анализ рынка программного обеспечения для компьютерного инжиниринга .....	32
3.2. Характеристики спроса на программное обеспечение для компьютерного инжиниринга в мире .....	34
3.3. Характеристика корпоративной структуры рынка программного обеспечения для компьютерного инжиниринга .....	36
3.4. Характеристика региональной структуры рынка программного обеспечения для компьютерного инжиниринга .....	39
3.5. Структура рынка программного обеспечения для компьютерного инжиниринга по инструментам .....	40
3.6. Структура рынка программного обеспечения для компьютерного инжиниринга по отраслям .....	42
3.7. Трансформация глобального рынка программного обеспечения для компьютерного инжиниринга .....	43
3.8. Анализ рынка программного обеспечения для компьютерного инжиниринга в России .....	47
IV. ХАРАКТЕРИСТИКА РЫНКА АППАРАТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО ИНЖИНИРИНГА .....	58
V. ПРОГНОЗ РЫНКА КОМПЬЮТЕРНОГО ИНЖИНИРИНГА .....	64
5.1. Прогноз глобального рынка компьютерного инжиниринга на 2014–2017 гг. ....	64
5.2. Проблемы и перспективы развития рынка компьютерного инжиниринга .....	68
5.3. Вопросы компьютерной безопасности .....	69
VI. ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОЛИТИКА В ОБЛАСТИ КОМПЬЮТЕРНОГО ИНЖИНИРИНГА .....	71
6.1. Рынок компьютерного инжиниринга как предмет государственного регулирования .....	71
6.2. Обзор государственных программ поддержки целевых рынков в России .....	73
VII. ПРОБЛЕМЫ РОССИЙСКОГО РЫНКА, ТРЕБУЮЩИЕ ГОСУДАРСТВЕННОГО УЧАСТИЯ .....	80
VIII. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ФОРМИРОВАНИЮ ИНСТРУМЕНТОВ И МЕХАНИЗМОВ ПОДДЕРЖКИ РЫНКА КОМПЬЮТЕРНОГО ИНЖИНИРИНГА .....	86
ГЛОССАРИЙ ТЕРМИНОВ В ОБЛАСТИ КОМПЬЮТЕРНОГО ИНЖИНИРИНГА .....	87
БИБЛИОГРАФИЯ .....	92

ПРИЛОЖЕНИЯ .....	99
Приложение 1. Обзор государственных инициатив и проектов в области компьютерного инжиниринга.....	99
Приложение 2. Примеры реализованных проектов поддержки рынка инженерного ПО в России.....	101
Приложение 3. Продукты и услуги российских компаний рынка компьютерного инжиниринга .....	103
О ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ».....	106
О САРОВСКОМ ИННОВАЦИОННОМ ТЕРРИТОРИАЛЬНОМ КЛАСТЕРЕ.....	107
О САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ .....	108
О ФОНДЕ «ЦЕНТР СТРАТЕГИЧЕСКИХ РАЗРАБОТОК «СЕВЕРО-ЗАПАД».....	110

## СПИСОК РИСУНКОВ

Рисунок 1. Динамика роста сложности и интеллектуализации технических систем и инструментов .....	17
Рисунок 2. Структура рынка инжиниринга .....	18
Рисунок 3. Сегментация глобального рынка инжиниринговых услуг в 2013 г. по объему .....	20
Рисунок 4. Какова сфера деятельности вашей организации? .....	20
Рисунок 5. Каков статус инжиниринговой деятельности в вашей организации? .....	22
Рисунок 6. Предоставляет ли ваша организация инжиниринговые услуги? .....	22
Рисунок 7. Таймлайн развития аппаратной базы для компьютерного инжиниринга .....	24
Рисунок 8. Структура рынка услуг инжиниринга сложных технических систем США .....	26
Рисунок 9. Структура рынка услуг инжиниринга сложных технических систем Франции .....	26
Рисунок 10. Структура рынка услуг инжиниринга сложных технических систем КНР .....	26
Рисунок 11. Снижение уровня капиталоемкости рынка инжиниринговых услуг .....	27
Рисунок 12. Структура рынка программного обеспечения для компьютерного инжиниринга (PLM-рынка).....	33
Рисунок 13. Оптимизация производственных процессов, % .....	34
Рисунок 14. Известность / степень внедрения технологий компьютерного инжиниринга зарубежными компаниями — пользователями инженерными программными средствами ..	35
Рисунок 15. Спрос на инженерное программное обеспечение со стороны дискретных производств в мире, млн долл.....	36
Рисунок 16. Спрос на инженерное программное обеспечение со стороны процессных отраслей промышленности в мире, млн долл.....	36
Рисунок 17. Корпоративная структура мирового рынка компьютерного инжиниринга, 2012 г., % .....	37
Рисунок 18. Продуктовые стратегии: зарубежные компании выходят в создание интегрированных PLM-платформ .....	37
Рисунок 19. Рыночные стратегии: доступ к потребителям за счет M&A, альянсов, развития дистрибьюторской сети .....	37
Рисунок 20. Динамика рынка программного обеспечения для компьютерного инжиниринга, 2008–2013 гг. ....	38
Рисунок 21. Динамика рынка программного обеспечения для компьютерного инжиниринга, 2012–2017 гг., млрд долл. ....	38
Рисунок 22. Региональные рынки программного обеспечения для компьютерного инжиниринга, 2009–2012 гг., млрд долл.....	39
Рисунок 23. Структура рынка инженерного программного обеспечения, 2013 г., % .....	40
Рисунок 24. Темпы роста сегментов рынка программного обеспечения для компьютерного инжиниринга, 2013 г., %.....	40
Рисунок 25. Темпы роста инвестиций по сегментам рынка программного обеспечения для компьютерного инжиниринга, 2013 г., % .....	41

Рисунок 26. Отраслевая структура спроса на продукцию программного обеспечения для компьютерного инжиниринга, млрд долл., 2009–2013 гг. ....	42
Рисунок 27. Отраслевая структура спроса на решения компьютерного инжиниринга в мире, млн долл., 2012 г. ....	42
Рисунок 28. Структура видов экономической деятельности в разрезе обрабатывающего производства, 2012 г., %.....	48
Рисунок 29. Доля организаций обрабатывающей промышленности по объему инвестиций в технологические инновации, % .....	48
Рисунок 30. Описание методики анкетирования .....	49
Рисунок 31. Доля организаций по штатной численности сотрудников, % .....	50
Рисунок 32. Доля организаций, по месту организации в цепочке жизненного цикла продукта, % .....	50
Рисунок 33. Доля организаций по отраслевой принадлежности, % .....	50
Рисунок 34. Место организации в технологической цепочке, по оценке респондентов, %.....	50
Рисунок 35. Доля опрошенных организаций, в которых конструкторско-технологическая документация создается на основе 3D-моделирования, %.....	51
Рисунок 36. Доля опрошенных организаций, в которых конструкторская документация признается только в бумажном виде, % .....	51
Рисунок 37. Доля опрошенных организаций, в которых электронная модель имеет статус конструкторского документа, %.....	51
Рисунок 38. Доля опрошенных организаций, которыми осуществляется комплексная автоматизация всех этапов жизненного цикла, % .....	51
Рисунок 39. Типы задач, решаемых с помощью инженерных программных средств, по доле опрошенных организаций, % .....	52
Рисунок 40. Типы используемых программных систем, по доле опрошенных организаций, %.....	52
Рисунок 41. Результат инжиниринговой деятельности, по доле опрошенных организаций, %.....	53
Рисунок 42. Типы инженерных расчетов (CAE), по доле опрошенных организаций, % .....	53
Рисунок 43. Лидеры продаж, по доле опрошенных организаций, % .....	53
Рисунок 44. Топ-6 российских суперкомпьютеров .....	60
Рисунок 45. Поставщики HPC-систем. ....	61
Рисунок 46. Структура рынка HPC-моделирования, 2012 г., %.....	61
Рисунок 47. Использование соответствующих аппаратных средств для работы в разных типах программных систем, случаи использования .....	62
Рисунок 48. Эксплуатируемое и планируемое к использованию аппаратное обеспечение .....	63
Рисунок 49. Среднегодовые темпы роста ключевых секторов рынка ПО для компьютерного инжиниринга в 2014–2017 гг. ....	64
Рисунок 50. Динамика рынка программного обеспечения для компьютерного инжиниринга по ключевым сегментам, млрд долл., 2014–2017 гг. ....	65
Рисунок 51. Прогноз структуры рынка программного обеспечения для компьютерного инжиниринга по основным продуктам на 2017 г. ....	65
Рисунок 52. Прогноз отраслевой структуры спроса на продукцию программного обеспечения для компьютерного инжиниринга в 2014–2016 гг. ....	66
Рисунок 53. Спрос на программные средства российских и зарубежных разработчиков, по доле опрошенных организаций, % .....	77
Рисунок 54. Продукты, предлагаемые участникам российского рынка САПР .....	81
Рисунок 55. Матрица потребностей российского производственного сектора в отечественном инженерном ПО .....	83
Рисунок 56. Минимальная стоимость годовой лицензии на пользование CAE-системами российских и зарубежных производителей, млн руб. ....	84
Рисунок 57. Ключевые проблемы в области компьютерного инжиниринга, выделенные экспертами, по доле опрошенных, %.....	84
Рисунок 58. Причины, по которым компании не используют разные типы аппаратного обеспечения .....	85

## СПИСОК ТАБЛИЦ

Таблица 1. Типология технических систем по степени сложности и типам систем .....	14
Таблица 2. Издержки на создание физического прототипа изделия для технических систем разной сложности .....	17
Таблица 3. Сегменты рынка инжиниринга .....	19
Таблица 4. Обзор сегментов рынка технологического инжиниринга по отраслям .....	21
Таблица 5. Барьеры для входа на рынок инжиниринговых услуг .....	28
Таблица 6. Оценка значимости соответствия критериям успешного входа на рынок .....	29
Таблица 7. Корпоративная динамика CAE-сегмента .....	43
Таблица 8. Корпоративная динамика EDA-сегмента .....	44
Таблица 9. Корпоративная динамика MCAD-сегмента .....	45
Таблица 10. Корпоративная динамика cPDM-сегмента .....	45
Таблица 11. Программные продукты, востребованные российским производственным сектором .....	54
Таблица 12. Обзор российских компаний-разработчиков программного обеспечения для компьютерного инжиниринга .....	57
Таблица 13. Использование вычислительной мощности суперкомпьютеров из списка Топ-500 в различных отраслях .....	59
Таблица 14. Инициативы и программы поддержки отрасли инжиниринга со стороны органов государственной власти и институтов развития в России с 2010 по 2018 гг. ....	73
Таблица 15. Обзор направлений деятельности российских технологических платформ, на базе которых возможен запуск проектов поддержки компьютерного инжиниринга .....	78
Таблица 16. Порядок поддержки IT-проектов федеральными институтами развития .....	79
Таблица 17. Российские компании-разработчики инженерного программного обеспечения .....	82

## О проекте

Предлагаемое вашему вниманию публичное издание подготовлено Фондом «Центр стратегических разработок «Северо-Запад» для Министерства промышленности и торговли Российской Федерации по результатам исследования рынка компьютерного инжиниринга в России. Документ продолжает развитие темы «компьютерный инжиниринг», впервые введенной в российский общественный дискурс публикацией серии «зеленых книг»<sup>1</sup> по итогам проекта «Промышленный и технологический форсайт Российской Федерации на долгосрочную перспективу» в 2011–2012 гг.

Деятельность по промышленно-технологическому прогнозированию в рамках указанного проекта привела к формированию новой повестки промышленно-технологического развития России на долгосрочную перспективу<sup>2</sup>. В частности, с утверждением в апреле 2014 г. подпрограммы «Развитие инжиниринговой деятельности и промышленного дизайна» в рамках государственной программы Российской Федерации «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности», компьютерный инжиниринг стал рассматриваться как направление государственной инновационно-технологической политики.

Издание данной работы — инициатива ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», который заинтересован в выявлении направлений эволюции технологических и рыночных трендов в долгосрочной и краткосрочной перспективах. ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» является ведущим российским держателем компетенций в ряде высокотехнологичных видов деятельности, обеспечивающих создание сложных технических систем, включая компьютерный инжиниринг как самый наукоемкий и совершенный инструмент математического моделирования, а также реализующие его аппаратно-программные решения: суперкомпьютеры (высокопроизводительные вычислительные системы, HPC), CAD/CAE программные комплексы, методы работы с большими массивами данных (Big Data).

Настоящее издание подготовлено по результатам анализа материалов консалтинговых компаний и международных агентств — лидеров в области консалтинга на рынке компьютерного инжиниринга: CIMdata, Inc., ARC Advisory Group, Markets&Markets, Frost&Sullivan, Aberdeen Group, Technavio, IBISWorld и др.; публикаций российских и зарубежных специализированных аналитических и информационных изданий: CAD/CAM/CAE Observer, isicad.ru, Открытые системы, САПР и графика, Эксперт, CNNews, PCWeek и др., публичных отчетов компаний — мировых игроков отраслевых рынков и рынка компьютерного инжиниринга, российских и зарубежных баз данных, официальных стратегических и программных документов Европейской комиссии, Правительства США, Агентства технологического развития Финляндии TEKES, Минпромторга России, Минэкономразвития России, РВК, Роснано и др. С целью подготовки издания было проведено анкетирование российских организаций, использующих специализированное программное обеспечение для осуществления деятельности в области компьютерного инжиниринга. Значительный вклад в подготовку настоящего документа внесли эксперты — представители компаний-разработчиков инженерного программного обеспечения, российских инжиниринговых центров, производственных организаций.

Авторы настоящей работы выражают особую благодарность А.В. Калошину (Фонд «Центр стратегических разработок «Северо-Запад»), Е. И. Яблочникову и И. А. Волкову (ООО «Би Питрон СП»), М. В. Сапогову (группа компаний «ПЛМ Урал» — «Делкам-Урал»), М. П. Лобачеву (ФГУП «Крыловский государственный научный центр»), Е. В. Бахину, Д. И. Осначу (Группа компаний «АСКОН»), И. Н. Герасимову (ОАО «ОАК»), В. А. Левину (ИК «Фидесис»), Р. А. Диденко (ОАО НПО «Сатурн»), В. Л. Макарову (НП «Руссофт»), С. А. Кураксину (Топ Системы), С. Н. Курсакову (ТЕСИС), А. А. Собачкину (Mentor Graphics), всем экспертам, принявшим участие в дискуссиях в рамках подготовки издания.

Издание ориентировано на лиц, принимающих решения, а также всех, кто интересуется данной темой.

<sup>1</sup> См. «Зеленые книги» по темам: «Компьютерный инжиниринг», «Управление жизненным циклом технических систем», «Современное инженерное образование» и др. (полный перечень «зеленых книг» доступен по ссылке: <http://prom.csr-nw.ru/publications/summation>).

<sup>2</sup> См. государственную программу Российской Федерации «Развитие промышленности и повышение её конкурентоспособности» (утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2014 г. №328). Электронный ресурс. URL: <http://government.ru/media/files/1gqVAlrW8Nw.pdf> (дата обращения: 06.12.2014).

## Введение

По мере роста сложности создаваемых человеком технических систем растет спрос на инструменты, позволяющие оптимизировать процессы их разработки, производства и управления. Компьютерный инжиниринг дает ответ на этот вызов, обеспечивая реорганизацию процессов проектирования, конструирования, промышленного производства и эксплуатации сложных систем.

С развитием информационно-коммуникационных технологий, практик организации производственных и бизнес-процессов, управления цепочками создания стоимости и поставок, трансформируется суть понятия «компьютерный инжиниринг»<sup>3</sup>. Возможности современного программного обеспечения и вычислительной аппаратной базы позволяют моделировать, анализировать и визуализировать (Multi-D проектирование<sup>4</sup>) все этапы создания стоимости производимой продукции, а также накапливать и обрабатывать массивы данных, связанных с последующим функционированием и управлением жизненным циклом (концепция УЖЦ). Технически сложная продукция в XXI веке эволюционирует от отдельных единиц многокомпонентного оборудования в сторону интегрированных линий и автоматизированных платформ, формирующих затем интеллектуальные среды во всех сферах человеческой деятельности.

Задача формирования актуальной повестки государственной промышленно-технологической политики любой страны мира требует понимания основных трендов развития современных рынков, технологий и деятельности тех, кто вовлечен в процессы производства высокотехнологичной продукции посредством реорганизации традиционных практик промышленной производственной деятельности (сложившихся в основном 1930–1960-х гг.), а также последующего эффективно-го внедрения этой продукции в среду использования.

До настоящего времени в России отсутствовала практика государственной поддержки компьютерного инжиниринга, поэтому данный комплекс услуг не оформлен как специальный объект управления. Разработка мероприятий государственной политики, адекватных запросу реального сектора, затруднена по ряду причин. Так, нет согласованных экспертным сообществом и институционально оформленных определений компьютерного инжиниринга, достоверных оценок российского рынка, не сформирован статистический аппарат, не существует системы сбора данных о компетенциях и уровне технологического развития компаний, участники рынка не агрегированы.

Фиксация основных характеристик рынка компьютерного инжиниринга, определение существующих проблем и предложение вариантов решений стали целями подготовки настоящего издания.

---

<sup>3</sup> Понятие «компьютерного инжиниринга» не закреплено в правовом поле. Экспертные подходы к определению термина различаются. В рамках доклада под термином «компьютерный инжиниринг» понимается как совокупность всех компонентов, предназначенных для эффективного решения сложных научно-технических проблем путем математического и компьютерного моделирования.

<sup>4</sup> Понятие «Multi-D проектирование» — инновационная технология планирования и управления сооружением АЭС, развиваемая в ОАО НИАЭП Госкорпорации «Росатом». К 3D модели объекта добавляются: временная составляющая проектирования и строительства, документооборот, материалы и логистика

# SUMMARY

## 0 понятия компьютерный инжиниринг

Понятие «инжиниринг», возникшее вместе с появлением инженерной профессии, означает практическое использование научно-технических знаний для создания систем, устройств, материалов и организации процессов. По мере развития науки соответственно расширялась и сфера инжиниринговой деятельности. Научно-техническая революция XX века привела к массовому проникновению инженерного подхода в большинство видов человеческой деятельности и выделению услуг инжиниринга в качестве отдельной индустрии. Как результат, сегодня на мировом рынке профессиональных услуг представлены десятки направлений инжиниринга, включая биоинжиниринг, строительный инжиниринг, химический инжиниринг, финансовый инжиниринг, инжиниринг материалов, промышленный инжиниринг и др.

В связи со стремительным развитием компьютерных технологий, сегодня практически не осталось инжиниринговой деятельности, которая так или иначе не была бы оснащена инструментами компьютерного моделирования и проектирования. Возникшее в последнее время понятие «компьютерный инжиниринг» включает совокупность инструментов, методологий и подходов, связанных с применением компьютерных и вычислительных технологий в инжиниринговой деятельности. Один из подходов к определению термина: «компьютерный инжиниринг — это совокупность всех компонентов, предназначенных для эффективного решения сложных научно-технических проблем путем математического и компьютерного моделирования».

## Новые тренды в инжиниринге, вызванные применением компьютерных технологий

Использование информационных технологий в инжиниринге привело к возникновению нескольких качественно новых трендов в инжиниринговой деятельности, которые неразрывно связаны с вычислительными и коммуникационными возможностями компьютеров и компьютерных сетей, в том числе:

1. Создание распределенных интегрированных рабочих сред — «интеллектуальных конвейеров». Данный тренд, зародившийся в больших проектах по разработке программного обеспечения и быстро перенесенный в сферу проектно-конструкторских изысканий, успешно продолжает втягивать в себя все новые области коллективной человеческой деятельности. Применительно к инжинирингу, практика использования современных компьютерных средств коммуникации и совместной работы позволяет радикально повысить производительность инженерного труда, обеспечить доставку необходимых компетенций в нужное место и время в любую точку мира. Такой конвейер для инженерного труда, оснащенный мощными инструментами автоматизации, моделирования, коммуникации и обработки информации, предоставляет разработчику, конструктору, инженеру, технологу, проектировщику интеллектуальную коллективную рабочую среду с возможностями быстрой разработки изделий и систем практически любой сложности. Очевидно, что в ближайшей перспективе можно ожидать полную интеграцию «умных» сред от стадии разработки до конечного производства и, возможно, включение потребителя на стадии формирования требований к продукту. Такого рода интеграция сталкивается с рядом проблем, в том числе онтологического характера, выходящими за рамки инженерно-технической деятельности, и поэтому требует привлечения широкого круга специалистов.

2. Переход к тотальной «цифровизации». Разработка сложных цифровых моделей материалов, процессов, систем происходит на основе интеграции научных знаний и применения статистических методов обработки большого количества данных (Big Data). Переход к оперированию цифровыми моделями на всех стадиях жизненного цикла, включая проектирование материалов с заданными свойствами, позволяет производить моделирование поведения изделий, компонентов и систем в различных условиях.
3. Переход на уровень работы с социотехническими системами. Рост сложности систем привел к необходимости интеграции социальной составляющей в процессы проектирования и управления системами. Возможности современного программного обеспечения и вычислительной аппаратной базы позволяют моделировать, анализировать и визуализировать (например, как в методологии Multi-D проектирования) все этапы создания стоимости производимой продукции, а также накапливать и обрабатывать массивы данных, связанных с их последующим функционированием и управлением жизненным циклом (концепция УЖЦ). Учет интересов многочисленных стейкхолдеров на всех этапах жизненного цикла технической системы — обязательное условие как при создании новых продуктов для потребительского рынка, так и для построения сложных объектов инженерной инфраструктуры.

## Рынок компьютерного инжиниринга

Рынок компьютерного инжиниринга в рамках данной работы рассматривается как совокупность двух взаимодополняющих друг друга компонентов:

- собственно инжиниринговых услуг, носящих характер высокоинтеллектуальной научно-технической и технологической деятельности по разработке сложных технических систем;
- инструментов компьютерной поддержки инжиниринговых услуг, включающих программное обеспечение и аппаратную вычислительную базу.

**Рынок инжиниринговых услуг** характеризуется ростом аутсорсинга, что связано, в том числе, с возможностями новых распределенных интеллектуальных средств разработки. Предполагается, что к 2016 году объем рынка аутсорсинга инжиниринговых услуг достигнет 58,97 млрд долл.<sup>5</sup> (около 10% совокупного рынка инжиниринговых услуг), в среднем рост составит 20% в год, или 78% в период 2012–2016 гг. Большая часть спроса на аутсорсинговые инжиниринговые решения создается в США, которые занимают 45,4% рынка. США направляет большую часть инжиниринговых услуг на аутсорсинг в такие развивающиеся страны, как Индия, Китай, и частично в Восточную Европу. Наибольшее развитие сектора наблюдается в Южной Корее — 70% совокупного рынка инжиниринговых услуг.

**В сфере аппаратной базы компьютерного инжиниринга** наблюдается углубление специализации на базе четырех основных платформ:

- Рабочие станции. В этом самом массовом сегменте аппаратного обеспечения для компьютерного инжиниринга наблюдается вытеснение узкоспециализированных рабочих станций оригинальной архитектуры мощными персональными компьютерами. Это связано со значительным ростом производительности массовых офисных компьютерных систем.
- Планшеты. Сравнительно новый, но быстро растущий сегмент. Рост планшетных платформ, предназначенных для мобильных пользователей, по всей видимости, является индикатором рождения нового сегмента мобильных решений для компьютерного инжиниринга.
- Клиент-серверные системы облачных сервисов. Данная архитектура реализуется преимущественно в облачных сервисах — SaaS (Software as a Service, «программное обеспечение как сервис») и IaaS (Infrastructure as a Service, «инфраструктура как сервис»).

<sup>5</sup> Источник: TechNavio. Global Engineering Service Outsourcing Market 2012–2016.

- Суперкомпьютеры. Суперкомпьютеры, занимающие 201–500 места в Топ-500, в подавляющем большинстве используются в промышленности, в т. ч. для сложного инженерного моделирования. Рынок суперкомпьютерных технологий составляет порядка 30 млрд долл. и обладает достаточно высоким потенциалом роста (рост более 10 % в год). Россия, по данным на ноябрь 2013 г., занимает 9 место по количеству эксплуатируемых суперкомпьютерных систем (8 систем в списке). Лидирует по этому показателю США — 250 систем. В 2013 г. ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» представил компьютер производительностью в 1000 терафлопс (1 петафлопс), который стал лидером среди российских суперкомпьютеров.

**Программное обеспечение для компьютерного инжиниринга.** Под программным обеспечением для компьютерного инжиниринга понимается его наиболее наукоемкое ядро — совокупность CAD/CAM/CAE/PDM/PLM-решений. Совокупность CAD/CAM/CAE-технологий тесно взаимодействует в рамках единого информационного пространства с PDM-системами (Product Data Management, PDM — системы управления данными об изделии) и является встроенной в PLM-среду (Project Lifecycle Management, PLM — технологии управления жизненным циклом изделия). К 2017 г. рынок ПО для компьютерного инжиниринга достигнет 50 млрд долл., в 2014 г. приблизится к 40 млрд долл.<sup>6</sup>. То есть рост за период 2014–2017 гг. составит более 25 %. Темпы роста рынка за период 2014–2017 гг. будут превышать динамику мировой экономики в два-три раза. Это связано, во-первых, со стабильно высокими инвестициями крупнейших игроков — около 30 % от выручки направляется на R&D, во-вторых, с растущим спросом со стороны развивающихся стран. Мировой рынок инженерных программных средств консолидирован: продукция пяти лидирующих компаний формирует 70 % продаж программного обеспечения<sup>7</sup>. Лидерами рынка являются зарубежные разработчики программных решений: Dassault Systemes (DS), Siemens PLM Software, PTC, Autodesk, Ansys. Игроки рынка вкладываются в создание интегрированных инженерных программных платформ (PLM). Об этом свидетельствует направленность корпоративной динамики рынка. Процесс слияний и поглощения на рынке показывает, что приобретаемые компетенции закрывают существующие дефициты для формирования полной продуктовой линейки PLM. По данным зарубежных опросов, наиболее востребованными технологиями компьютерного инжиниринга в мире являются автоматизированное проектирование и инженерный анализ. В перспективе ожидается рост спроса на мобильные и облачные технологии, интегрированные инженерные платформы (PLM), программное обеспечение с открытым доступом.

Российский рынок программных средств для компьютерного инжиниринга является потенциально емким (до 1,7 % от мирового объема новых продаж). В последние несколько лет рынок имел высокую динамику роста (средние темпы роста — более 20 %) за счет технологического обновления производственных фондов основных отраслей промышленности и первичной продажи лицензий на инженерное программное обеспечение.

Ведущими российскими разработчиками инженерного программного обеспечения, производящими решения для управления жизненным циклом продукции, являются группа компаний «АСКОН» и Топ Системы. Объем продаж группы компаний «АСКОН» в 2013 г. составил более 983 млн руб., общее количество корпоративных рабочих мест с профессиональной лицензией САД-системы КОМПАС от АСКОН превышает 100 тыс. Видимой на рынке является компания ЗАО «Нанософт», предоставляющая бесплатный доступ к базовому программному продукту для геометрического моделирования «nanoCAD» (общее число зарегистрированных пользователей продукта в 2013 г. превысило 300 тыс., из них 29 тыс. — корпоративные пользователи). Среди поставщиков систем для инженерного анализа выделяются ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», компании ТЕСИС, НТЦ АПМ, ряд других.

<sup>6</sup> По оценкам CIMData.

<sup>7</sup> По данным ARC Advisory Group.

# I. Рынок компьютерного инжиниринга как объект исследования

## 1.1. Инжиниринг как вид деятельности

Понятие инжиниринг, возникшее в Европе в XVI веке вместе с появлением инженерной профессии, означает практическое использование научно-технических знаний для создания систем, устройств, материалов и организации процессов. По мере развития науки соответственно расширялась и сфера инжиниринговой деятельности. Научно-техническая революция XX века привела к массовому проникновению инженерного подхода в большинство видов человеческой деятельности и выделению услуг инжиниринга в качестве отдельной индустрии. Как результат, сегодня на мировом рынке профессиональных услуг представлены десятки направлений инжиниринга, включая биоинжиниринг, строительный инжиниринг, химический инжиниринг, финансовый инжиниринг, инжиниринг материалов, промышленный инжиниринг и др. Рост сложности создаваемых в результате инжиниринговой деятельности систем и требования рынка к высокой скорости создания новых продуктов определяют сегодня основные тренды развития инструментальных платформ инжиниринговой деятельности.

### Рост сложности создаваемых систем

Современный уровень развития, масштабы созданной инженерами техносферы и степень зависимости от нее человека таковы, что она стала, без преувеличения, системой жизнеобеспечения человечества и условием его существования. Инженерные системы сегодня — это сооружения, содержащие десятки миллионов частей и занимающие площади в несколько гектаров, это глобальные распределенные сетевые структуры. Взаимодействуя друг с другом, инженерные системы образуют новые формы организованности — системы систем, которые зачастую не имеют единого центра управления.

Сложность продукта промышленного производства (технической системы<sup>8</sup>) может быть определена через такие характеристики как:

- количество и разнообразие составных частей (деталей, компонентов и т. д.) системы;
- высокое число и специфические свойства связей между компонентами (включая несводимость свойств всей структуры как целого к сумме свойств компонентов — «отсутствие аддитивности»);
- необходимость описания свойств и поведения отдельных компонентов (в первую очередь, материалов) на нано-, микро-, мезоуровнях, а всей конструкции — на макроуровне, включающее, например, возможные фазовые переходы и прогрессирующее накопление повреждений;
- необходимость учета взаимного влияния полей различной физической природы (механических, тепловых, аэро-, гидро-, газодинамических, электромагнитных, акустических, радиационных и т. д.);
- необходимость учета всех типов внешних воздействий (статических / стационарных, динамических / нестационарных, циклических, вибрационных, ударных и т. д.) и эксплуатационных режимов, включая нарушения нормальных условий эксплуатации, аварийные ситуации, запроектные аварии и т. д.;
- время, затрачиваемое на разработку системы;

<sup>8</sup> В настоящее время фактически отсутствует всеобъемлющее и общепризнанное понятие сложности технической системы, однако можно выделить ряд характеристик, применяемых для определения степени сложности; понятно, что приведенный выше перечень характеристик не является исчерпывающим.

- учет требований большого количества стейкхолдеров, включая различные социальные группы, на всех этапах жизненного цикла систем;
- сложность процесса управления системой и другие<sup>9</sup>.

В рамках настоящей работы сложность изделия, конструкции или технической системы рассматривается в первую очередь в соответствии с длительностью цикла разработки, количеством частей в системе и ее характеристиками как продукта промышленного производства (см. табл. 1).

Таблица 1

Типология технических систем по степени сложности и типам систем

Сложность системы/продукта	Длительность разработки	Количество частей	Тип продукта	Примеры
Низкая	От недели до года	Менее 50	Непрерывное производство	Цемент, сплавы металлов и литые изделия из металлов, асфальт, продукты нефтепереработки, бумага и проч.
Средняя	От месяца до 5 лет	От 50 до 1000	Простая сборка	Канцтовары, мебель, спортивный инвентарь и проч.
Средне-высокая	От года до 5 лет	От 50 до 1000	Замкнутая система	Часы, электроника,
Высокая	От 5 до 10 лет	Не менее 25 000	Открытая система	Самолет, автомобиль, судно, нефтегазовые морские платформы
Очень высокая	От года до 20 лет	От 25 000 до 100 000	Открытая система	Все типы коммуникационных сетей, «системы систем», «конструкции в конструкции», «умные» объекты, мега-проекты по созданию международного экспериментального термоядерного реактора ITER, исследовательского термоядерного реактора с магнитным удержанием плазмы IGNITOR

Источник: ЦСП «Северо-Запад» по методологиям Aberdeen Group и Tushman and Rosenkop, OAKf

Необходимо отметить, что с проникновением компьютерных технологий во все сферы промышленности, интеллектуализацией «простых» технических объектов<sup>10</sup>, сформировался тренд к переходу практически всех технических систем в группу «сложных» и «очень сложных».

### Высокая скорость создания новых продуктов

Спрос на получение высококачественного рыночного продукта, разработанного в кратчайшие сроки и с наименьшими издержками, стимулирует процесс постоянных модификаций как самих продуктов (разнообразных технических систем), так и технологий их производства. Результатом этого процесса является увеличение количества модификаций продукта (и его отдельных характеристик), каждый из которых имеет свои, в той или иной мере высокоэффективные характеристики. По мнению экспертов, в обозримом будущем при создании продуктовой линейки инженер-проектировщик будет управлять процессом разработки в рамках многокритериальной

<sup>9</sup> Подробнее см Patzak, G. (1982). Systemtechnik — Planung komplexer innovativer Systeme. Berlin et al.: Springer; Simon H. A. (1962). The architecture of complexity. Proc. American Philosophical Society, pp. 467–482; Checkland, P. (1981). Systems thinking, systems practice. Chichester et al.: John Wiley & Sons, Bliss, C. (2000). Management von Komplexität: Ein integrierter, systemtheoretischer Ansatz zur Komplexitätsreduktion. Wiesbaden: Gabler.; Боровков А.И. и др. Компьютерный инжиниринг: изд-во СПбГПУ (2012).

<sup>10</sup> Количество устройств «Интернета вещей» (Internet of things, IoT), по оценкам Gartner Inc., в 2009 г. превысило порог в 1 млрд единиц. Cisco приводит цифры о более чем 6 млрд устройств, подключенных к IoT в 2008 г., а к 2015 г. прогнозирует рост их количества до 25 млрд единиц.

оптимизации изделия, а точнее — разработки перечня изделий с возможностью выбора требуемой совокупности наилучших характеристик.

Вышеописанные процессы развития промышленных рынков приводят к изменениям в самой деятельности по проектированию сложных технических систем и активной реакции производителей. В течение нескольких десятилетий такой реакцией явился массовый переход к компьютерному инжинирингу как передовому способу комплексного решения задач создания (инженерного анализа и проектирования) изделия и обеспечения его эффективного сопровождения на протяжении всего жизненного цикла вплоть до утилизации.

Непрерывно расширяющемуся внедрению в практику проектирования методов оптимизации содействовали три важнейших обстоятельства:

- развитие теоретических аспектов решения задач оптимизации (в частности, оптимальное управление и оптимальное программирование, а также алгоритмы их реализующие);
- стремительный рост вычислительных мощностей рабочих станций, в том числе суперкомпьютеров, необходимых для эффективного решения задач оптимизации;
- развитие новейших производственных технологий, в первую очередь материалобработки на высокопроизводительных и ультрапрецизионных многоосевых токарно-фрезерных обрабатывающих центрах с ЧПУ (фактически, это технологии, основанные на «убирании материала») и современных аддитивных технологий, основанных на «послойном добавлении материала», обеспечивающих возможности создания изделий с формой и структурой, которые несколько лет назад были принципиально нереализуемы с помощью традиционных производственных технологий.

## 1.2. Компьютерный инжиниринг как инструмент инженерной деятельности

В связи со стремительным развитием компьютерных технологий, сегодня практически не осталось инжиниринговой деятельности, которая так или иначе не была бы оснащена инструментами компьютерного моделирования и проектирования. Возникшее в последнее время понятие «компьютерный инжиниринг» включает совокупность инструментов, методологий и подходов, связанных с применением компьютерных и вычислительных технологий в инжиниринговой деятельности. Один из подходов к определению термина: «компьютерный инжиниринг — это совокупность всех компонентов, предназначенных для эффективного решения сложных научно-технических проблем путем математического и компьютерного моделирования»<sup>11</sup>.

Особенность современного инженерного программного обеспечения заключается в том, что, будучи сложным интеллектуальным продуктом, инженерные программные комплексы становятся не просто основным инструментальным средством, но и рабочей средой инжиниринговой деятельности, которая интегрирует лучшие практики и знания, организует процессы коммуникации специалистов и обеспечивает работу «интеллектуального конвейера» на всем жизненном цикле продукта или системы.

Еще одна из ключевых мировых тенденций развития компьютерного инжиниринга состоит в непрерывно расширяющемся использовании подходов математического моделирования, которые приобретают все более глубокий и междисциплинарный характер, приближая инженеров и исследователей к все более точному описанию свойств материалов, поведения машин и систем как объектов реального физического мира.

<sup>11</sup> Компьютерный инжиниринг: серия докладов (зеленых книг) в рамках проекта «Промышленный и технологический форум Российской Федерации» / Боровков А. И., Бурдаков С. Ф., Клявин О. И., Мельникова М. П., Михайлов А. А., Немов А. С., Пальмов В. А., Силина Е. Н.; Фонд «Центр стратегических разработок «Северо-Запад», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет». — СПб., 2012. — Вып. 2 — 93 с.

Такое непрерывно расширяющееся пространство сфер (отраслей) и одновременно непрерывно растущая глубина применения методов математического моделирования фактически привели к смене парадигмы развития традиционного «классического» инжиниринга, развивавшегося примерно со второй половины XIX века до последней четверти XX века, к появлению и развитию новых технологических трендов во всех областях инженерного анализа и проектирования (конструирования), которые революционным образом влияют на глобальный и национальный контекст развития высокотехнологичных промышленных рынков.

При этом конец XX века может быть охарактеризован как революционный этап становления новой парадигмы в важнейшей части самого процесса разработок — в инженерном анализе и проектировании. Появление и последующее массовое внедрение вычислительной техники привело к развитию современных компьютерных технологий проектирования и моделирования во всех областях инженерной деятельности. Одновременно на основе компьютерных технологий происходило формирование современных производственных технологий (Advanced Manufacturing Technology, АМТ), а также развитие науки о материалах (Material Science), среди которых в первую очередь выделяются металлы, композиты, керамика, полимеры и композитные структуры, созданные на их основе.

В настоящее время самой передовой технологической цепочкой, развиваемой ведущими глобальными компаниями и научно-техническими центрами мирового уровня, является триада «Материалы & Компьютерный инжиниринг & Производство», Безусловным драйвером в этой цепочке выступает компьютерный инжиниринг, обеспечивающий прорывной характер разработок.

Суть прорывного характера разработок и создания новой продукции связана с тем, что исследователи и инженеры-разработчики на базе компьютерного инжиниринга получили универсальные инструменты, которые позволяют проводить математическое моделирование объектов и технических систем максимально близко к реальности. Более того, современное математическое моделирование — ядро компьютерного инжиниринга, предоставляет возможности проведения многокритериальной, параметрической и топологической оптимизации, результаты которой могут лежать «за гранью интуиции генерального конструктора». Это позволяет создавать в кратчайшие сроки глобально конкурентоспособные технические системы нового поколения с использованием новых материалов и на основе современных производственных технологий.

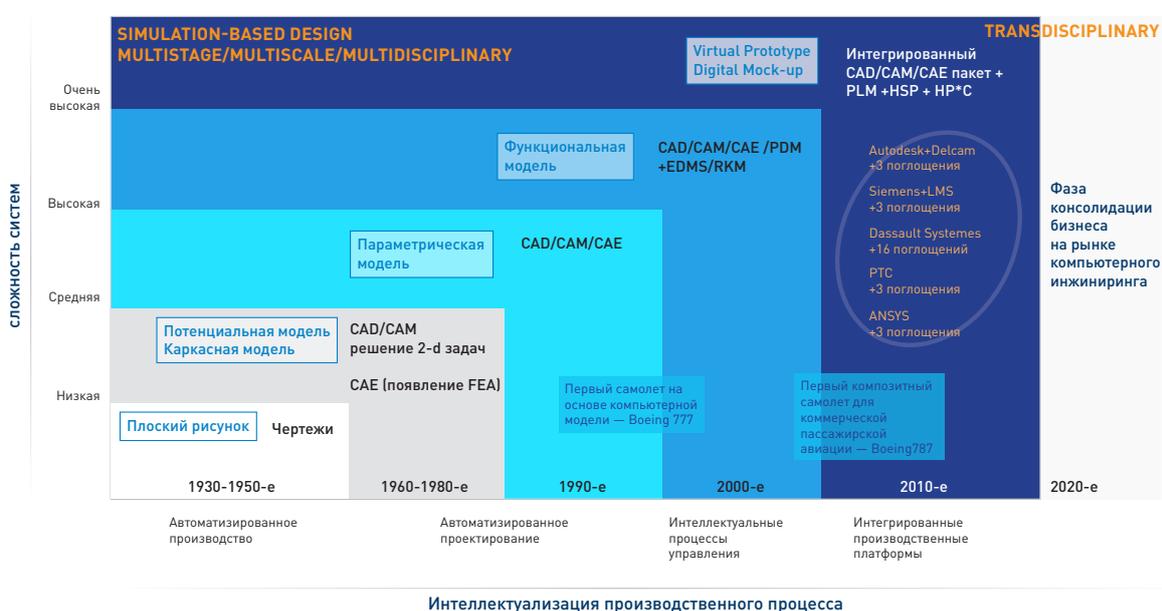
Глубокое проникновение компьютерных технологий в инженерную деятельность определило возникновение качественно новых трендов в технологическом и промышленном развитии:

- рост сложности систем и интеграцию социальной составляющей в процессы проектирования и управления системами; переход на уровень работы с социотехническими системами;
- создание распределенных интегрированных рабочих сред — «интеллектуальных конвейеров»;
- переход к парадигме управления жизненным циклом продуктов и систем;
- разработку сложных цифровых моделей материалов, процессов, систем на основе интеграции научных знаний и применения статистических методов обработки большого количества данных (Big Data);
- переход к оперированию цифровыми моделями на всех стадиях жизненного цикла, включая проектирование материалов с заданными свойствами и моделирование поведения изделий, компонентов и систем.

Использование компьютерных технологий в инжиниринге позволяет справиться с вызовом значительного роста сложности при разработке высокоэффективных и безопасных технических систем, а также обеспечить высокую скорость создания новых продуктов в соответствии с запросами рынка.

Одним из драйверов развития специализированных программно-аппаратных решений стал высокий потенциал совокупности компьютерных технологий как средства удешевления и ускорения

Рисунок 1.  
Динамика роста сложности и интеллектуализации технических систем и инструментов



Источник: ЦСР «Северо-Запад», СПбГПУ

разработок<sup>12</sup>. При этом важнейшим обстоятельством, стимулирующим внедрение компьютерных технологий в инжиниринге, является возрастающая тенденция замены физического (натурного) эксперимента или физического прототипа изделия на виртуальный прототип (цифровой макет изделия). В табл. 2 приведены примеры стоимости и длительности разработки физического прототипа проектируемого объекта для ряда технических систем разной степени сложности. Использование компьютерных технологий позволяет сокращать время разработки и значительно экономить материальные затраты.

Таблица 2

Издержки на создание физического прототипа изделия для технических систем разной сложности

Сложность системы / продукта	Время создания прототипа	Стоимость создания прототипа
Низкая	13 дней	\$ 7,600
Средняя	24 дня	\$ 58,000
Высокая	46 дней	\$ 130,000
Очень высокая	99 дней	\$ 1,200,000

Источник: ЦСР «Северо-Запад» по материалам Aberdeen Group

Другим драйвером распространения компьютерных технологий в инжиниринге является необходимость обеспечения высокой скорости вывода продуктов на рынки с одновременным повышением их качества. Применение компьютерного моделирования, современных средств коммуникации и совместной работы, позволяет радикально повысить производительность инженерного труда, обеспечить доставку необходимых компетенций в нужные место и время. Такой конвейер для инженерного труда, оснащенный мощными инструментами автоматизации, моделирования и обработки информации, предоставляет конструктору, инженеру, технологу, проек-

<sup>12</sup> Речь идет об экономии материальных, человеческих, временных и финансовых ресурсов.

тировщику интеллектуальную коллективную рабочую среду с возможностями быстрой разработки изделий и систем практически любой сложности.

Кроме того, необходимо отметить, что создание сложных технических систем все чаще опирается на более глубокую работу в формате MBSE (от англ. Model-Based Systems Engineering, системный инжиниринг на основе моделей), который способствует значительным изменениям в подходах к инженерному анализу технических систем в целом.

Существует большое разнообразие трактовок термина «компьютерный инжиниринг», поскольку в нормативно-правовой базе понятие не закреплено<sup>13</sup>. В настоящем издании под компьютерным инжинирингом понимается комплекс услуг по разработке продукта, проведению расчетов и автоматизации производственных процессов с использованием специализированного инженерного программного обеспечения.

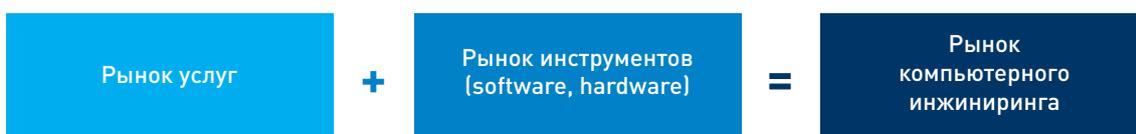
### 1.3. Общая характеристика рынка компьютерного инжиниринга

Рынок компьютерного инжиниринга представляет собой рынок комплексных услуг. В соответствии с содержанием современного процесса инженерного анализа и проектирования, рынок компьютерного инжиниринга в рамках данного издания рассматривается как совокупность двух взаимодействующих друг друга компонентов:

- собственно инжиниринговых услуг, носящих характер высокоинтеллектуальной научно-технической и технологической деятельности по разработке сложных технических систем — Brainware / Engineering services;
- инструментов (Tools) компьютерной поддержки инжиниринговых услуг, включающих программное обеспечение (Software) и аппаратную вычислительную базу (Hardware).

Принятые в работе базовые определения и компоненты рынка инжиниринга приведены в табл. 3.

Рисунок 2.  
Структура рынка инжиниринга



Источник: ЦСР «Северо-Запад»

<sup>13</sup> Употребляемые термины: «компьютерное проектирование», «компьютерное моделирование», «инжиниринговые услуги», «инжиниринговые услуги в области высоких технологий» и т. д.

## Сегменты рынка инжиниринга

Сегмент	Рынок услуг	Рынок инструментов	
		Программное обеспечение (Software)	Аппаратное обеспечение (Hardware)
Функция	Решение совокупности задач, связанных с разработкой изделия (системы) на основе задания заказчика	Инструменты концептуального и рабочего проектирования	Аппаратная база для проведения расчетов и выполнения проектно-конструкторских работ
Определение	Услуги по разработке, проектированию и инженерной поддержке компонентов, продуктов и систем с использованием методов инженерного анализа и проектирования для эффективного обеспечения процессов производства изделия и его эксплуатацию вплоть до утилизации	Совокупность программного обеспечения, позволяющего осуществлять комплексное управление жизненным циклом изделия / технической системы (CAD/CAE/CAM/DM-рынок, PLM-рынок)	Совокупность электронно-вычислительных мощностей для проведения инженерных расчетов и оказания услуг компьютерного инжиниринга
Рассматриваемые продукты / услуги	<p>Разработка комплексной модели изделия, включая основные параметры, как самого изделия, так и его составляющих.</p> <p>Составление математических моделей изделия и его составляющих для определения наилучших геометрических параметров, физико-механических и эксплуатационных характеристик изделия.</p> <p>Запуск механизмов параллельного проектирования с целью оптимизации характеристик изделия.</p> <p>Проведение совокупности процедур по верификации получаемых характеристик.</p> <p>Разработка комплексной модели сложной системы на всех этапах ее жизненного цикла, включая строительство и вывод из эксплуатации</p>	<p>Инструменты многофункционального проектирования (CAD/CAM, CAE);</p> <p>Сегмент систем совместной и параллельной разработки продукта (PDM-системы);</p> <p>Цифровое производство (Digital Manufacturing, DM);</p> <p>PLM системы</p>	<p>Мощные рабочие станции,</p> <p>локальные сети,</p> <p>высокопроизводительные вычислительные системы,</p> <p>суперкомпьютеры</p>

Источник: ЦСР «Северо-Запад» по материалам TechNavio, Frost&Sullivan, CIMData, CAD/CAM/CAE Observer

## Рынок услуг

По данным IBISWorld основную долю мирового рынка инжиниринга (до 75%) составляют направления, связанные со строительной деятельностью, остальное может быть отнесено к технологическому инжинирингу (рис. 3). В рамках представленной работы понятие «технологический инжиниринг» включает в себя направления инжиниринга, не связанные напрямую со строительством: проектирование промышленных процессов, оборудования, разработка новых продуктов.

Рисунок 3.  
Сегментация глобального рынка инжиниринговых услуг в 2013 г. по объему



Источник: ЦСР «Северо-Запад» по материалам IBISWorld

Структура мирового рынка инжиниринговых услуг. IBISWorld<sup>14</sup>

Рисунок 4.  
Какова сфера деятельности вашей организации?



Источник: ЦСР «Северо-Запад» по итогам анкетирования организаций, 2014 г. N=207

<sup>14</sup> IBISWorld Industry report L6722-GL. Global Engineering Services // IBISWorld, 2013, 36 p.

Анкетирование российских организаций, проведенное ЦСР «Север-Запад» в 2014 г. среди российских организаций-пользователей инженерного ПО, выявило незначительное количество компаний, занимающихся в России строительным инжинирингом (рис. 4). Это может быть объяснено тем, что российский рынок строительного инжиниринга в значительной степени консолидирован и представлен небольшим количеством крупных компаний, в силу того, что строительный инжиниринг требует концентрации кадровых и финансовых ресурсов, особенно при работе в ставшем популярным формате EPCM (Engineering-Procurement-Construction-Management).

Рынок услуг технологического инжиниринга, охватывает широкий круг индустрий и является одним из важнейших рынков инновационной экономики, поскольку деятельность в данной сфере позволяет компаниям переходить к современным формам управления сложными производственными цепочками, сокращать и удешевлять циклы разработки и вывода на рынок новых продуктов, комплексно обновлять традиционные производственные сектора. Услуги технологического инжиниринга направлены на решение задач, которые включают инженерный анализ и проектирование как при математическом моделировании, так и при создании физических объектов (прототипов и готовых изделий) — т. е. к ним относятся все виды сервисов, связанных с подготовкой, разработкой — конструированием, консультациями и изучением рыночных потребностей в процессе создания любой технической системы. Обзор сегментов технологического инжиниринга по отраслям представлен в табл. 4.

Таблица 4

#### Обзор сегментов рынка технологического инжиниринга по отраслям

Сегмент	Ключевые услуги
Авиакосмическая промышленность (Aerospace Engineering)	Проектирование, расчетно-конструкторские работы, виртуальные испытания. Исследования, консультации, дизайн-услуги
Автомобилестроение (Automotive Engineering)	Проектирование, расчетно-конструкторские работы, виртуальные испытания. Технологический консалтинг и дизайн-услуги
Электротехника / Коммуникации и связь (Electrical Engineering, Telecommunications)	Прикладные исследования в области электроники и электротехники, магнетизма и световых технологий для разработки новых технологий в области коммуникации, компьютеров, электромеханических систем, специального программного обеспечения
Промышленность / Строительство (Industrial and Civil Engineering)	Проектирование, расчетно-конструкторские работы, дизайн-услуги, консультационные услуги по эксплуатации крупных технических систем
Судостроение (Marine Engineering and Shipbuilding)	Концептуальное проектирование, технологический консалтинг, дизайн-услуги
Машиностроение (Mechanical Engineering)	Проектирование, расчетно-конструкторские работы, дизайн-услуги

Источник: ЦСР «Северо-Запад» по материалам Tholons, CBI

Мировой рынок инжиниринговых услуг в большинстве случаев представлен следующими видами участников:

- специализированными инжиниринговыми компаниями;
- R&D подразделениями компаний.

Кроме того, выделяются многопрофильные компании (это, как правило, крупные инжиниринговые центры), а также крупные игроки отдельных сегментов рынка. На рынке инжиниринговых услуг также присутствуют поставщики комплексных решений, в том числе, вендоры PLM-решений.

В соответствии со структурой рынка, выделяются две основные модели оказания инженеринговых услуг. Первая, наиболее распространенная — in-house, при которой разработка продукта осуществляется специализированным подразделением внутри компании. Вторая — модель аутсорсинга, предполагающая выполнение разработки вне компании (outsourcing, out-house). По данным исследований<sup>15</sup>, такую форму организации работ используют порядка 30% компаний.

Особенность инженеринговой деятельности в России на современном этапе заключается в том, что большинство корпоративных пользователей инженерного программного обеспечения осуществляет инженеринговую деятельность в рамках структурных единиц и не оказывает инженеринговых услуг сторонним заказчикам (см. рис. 5, 6).

Рисунок 5.  
Каков статус инженеринговой деятельности в вашей организации?



Источник: ЦСР «Северо-Запад» по итогам анкетирования организаций, 2014 г. N\*=207

Рисунок 6.  
Предоставляет ли ваша организация инженеринговые услуги?



Источник: ЦСР «Северо-Запад» по итогам анкетирования организаций, 2014 г. N\*=207

<sup>15</sup> Подробнее см. Demand for Engineering Services Outsourcing is increasing, particularly for offshore vendors, Technology Business Research Inc., 2012

## Рынки инструментов компьютерного инжиниринга

Рынок инструментов компьютерного инжиниринга включает в себя два основных сегмента: аппаратную базу и программное обеспечение.

Аппаратная база для компьютерного инжиниринга не специализирована. Для выполнения инженерных работ по цифровому моделированию используются персональные компьютеры, ноутбуки, рабочие станции, вычислительные кластеры, планшеты, суперкомпьютеры.

В последнее время в мире также наблюдается устойчивый интерес к облачным технологиям и моделям SaaS (Software as a Service, «программное обеспечение как сервис») и IaaS (Infrastructure as a Service, «инфраструктура как сервис»). С другой стороны, растет спрос на «тонких клиентов» на базе планшетов. Планшетная платформа оказалась удобным инструментом для оперативной работы со стейкхолдерами по согласованию проектных решений, мобильным инструментом управления и контроля для руководителей проектов.

Функциональный прогресс в развитии программных средств компьютерного инжиниринга был обеспечен прогрессом в сфере вычислительной техники (см. рис. 7).

Сформировавшиеся к сегодняшнему дню практики использования аппаратных средств компьютерного инжиниринга — результат параллельного развития аппаратной и программной базы, история которого характеризуется следующими ключевыми вехами:

- Появление в середине 1970-х гг. первых ЭВМ, способных к отображению сложной графики. Эксперименты с аппаратной и программной базой на серии этих компьютеров привели к зарождению первых версий инженерного программного обеспечения на базе корпоративных или исследовательских программно-аппаратных комплексов.
- Период 1970-х гг. характеризуется преимущественным использованием рабочих станций на базе ОС UNIX с открытой архитектурой.
- В начале 1980-х гг. появились также персональные компьютеры. Первый персональный компьютер IBM представил в 1981 г., а в 1982 г. Autodesk выпустил первый программный продукт для персональных компьютеров.
- К началу 1990-х гг. CAD-системы использовались исключительно на персональных компьютерах Windows и рабочих станциях Windows и UNIX, разработка специализированного инженерного ПО для ЭВМ старого типа, мейнфреймов рабочих станций прекращена.
- В середине 1990-х Microsoft выпустил первую 32-разрядную ОС для персональных компьютеров и микропроцессоров семейства Pentium Pro фирмы Intel, использование которых революционизировало рынок: как цикл разработки программ, так и цикл выполнения инженерных расчетов существенно сократились, а производительность процессора не уступала мощности рабочих станций предыдущего поколения. В последующие годы, начиная с середины 1990-х гг. и до настоящего времени происходило дальнейшее повышение производительности микропроцессоров, а по ценовым характеристикам персональные компьютеры стали доступны любой компании.
- Рабочие станции «нового поколения», вычислительные кластеры и суперкомпьютеры (как на базе Windows, так и на базе UNIX и LINUX) сегодня разрабатываются также исходя из новых стандартов производительности персональных компьютеров, и используются при работе с тяжелыми программными системами преимущественно для решения сложных физико-математических задач.

# III. Характеристика рынка программного обеспечения для компьютерного инжиниринга<sup>26</sup>

## 3.1. Анализ рынка программного обеспечения для компьютерного инжиниринга

Здесь и далее под программным обеспечением для компьютерного инжиниринга понимается его наиболее наукоемкое ядро — совокупность CAD/CAM/CAE/PDM/PLM. Цепочка-триада CAD / CAM / CAE составляет ядро технологий — инструментов компьютерного инжиниринга в расширенном понимании термина. Далее, совокупность CAD / CAM / CAE-технологий тесно взаимодействует в рамках единого информационного пространства с PDM-системами (Product Data Management, PDM — системы управления данными об изделии) и является встроенной в PLM-среду (Project Lifecycle Management, PLM — технологии управления жизненным циклом изделия). По этим причинам, говоря об анализе рынка программного обеспечения для компьютерного инжиниринга, мы будем говорить о рынке CAD / CAM / CAE / PDM / PLM-технологий.

Рынки технологий компьютерного инжиниринга, как совокупности CAD/CAM/CAE/PDM/PLM-технологий постоянно трансформируются и консолидируются, следуя общим трендам развития. Фирмы-разработчики оперативно реагируют на потребности пользователей, возникающие в ходе разработки инновационных изделий, осваивают новые области приложения и предлагают все более продвинутые решения.

В оценках ARC Advisory Group, рынок PLM структурирован в соответствии со всеми стадиями сопровождения жизненного цикла изделия: CAD-системы для геометрического моделирования используются на этапе конструирования, на этапе создания рабочего проекта к ним добавляются CAE-системы для осуществления инженерных расчетов, а также CAM-системы для разработки управляющих программ для станков с ЧПУ на стадии производства. Помимо перечисленных систем многофункционального проектирования (56% рынка), к рынку PLM относятся также PDM-системы для управления данными о продукте на всех стадиях жизненного цикла (26% от рынка), а также формирующиеся сегменты — цифрового производства, управления услугами, портфельного менеджмента, инновационного менеджмента, услуг по выводу разработки на рынок (18% рынка). Объем рынка ARC Advisory group оценивает в 11,8 млрд долл. в 2013 г.

CIMData рассматривает рынок более широко, включая туда весь спектр программных приложений для автоматизации процессов проектирования и производства<sup>27</sup>.

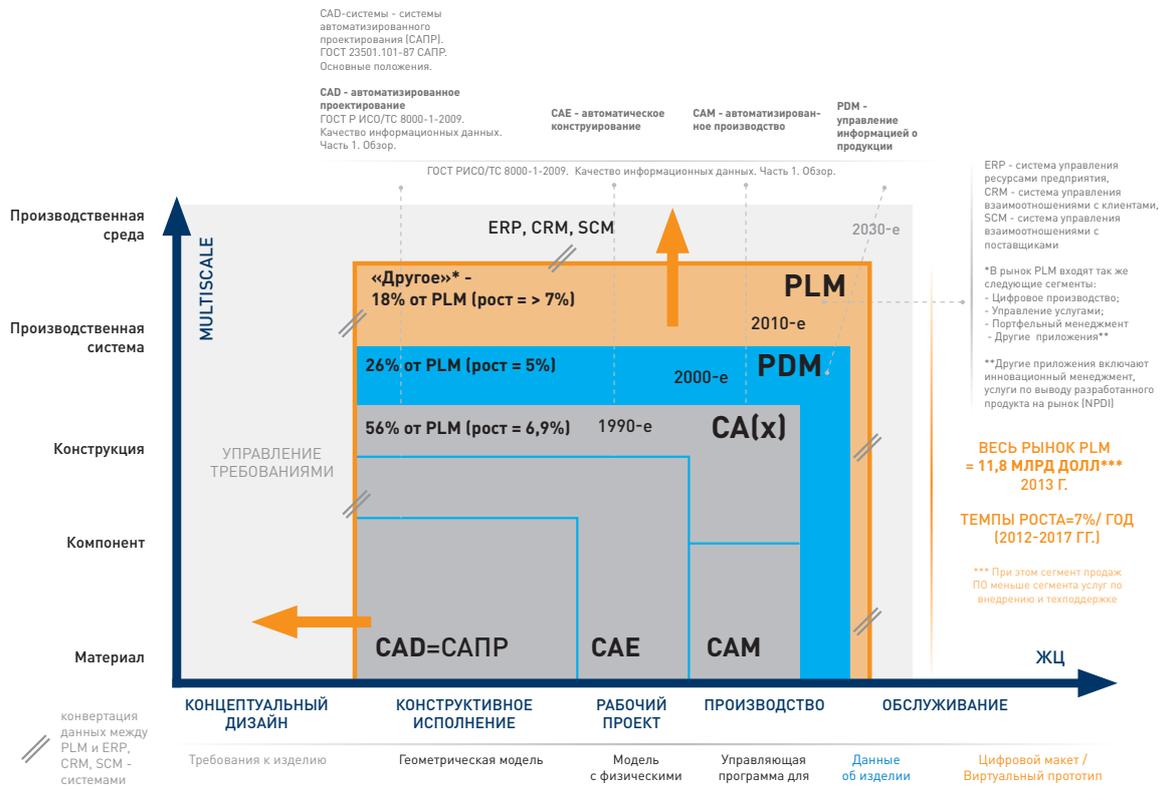
Под данным CIMdata, на 2012 г. общий рынок специализированного ПО для компьютерного инжиниринга вырос на 11,3% — до 33,3 млрд долл., из них объем рынка многофункциональных инструментов проектирования (CAD/CAE/CAM и пр.) составил \$ 21 млрд. Этот сегмент растет более высокими темпами — 12,1% за год. В целом прогнозируется сохранение до 2015 г. среднегодовых темпов роста в 11,4%. По оценкам TechNavio, глобальный рынок программных инструментов проектирования в 2014 г. достигнет \$ 21 млрд, а темпы его роста составят 7,9% в год. Детальный

<sup>26</sup> Существует разнообразие подходов к маркетинговой оценке рынка программного обеспечения для компьютерного инжиниринга: различаются методики сегментации рынка и итоговые объемные характеристики. Ключевыми аналитическими и маркетинговыми агентствами, которые систематически занимаются оценкой данного рынка, являются CIMData и ARC Advisory group. Данный раздел доклада в качестве фактологической базы использует оценки этих двух источников.

<sup>27</sup> Помимо программных продуктов для сопровождения жизненного цикла изделия, инструменты для одновременного параллельного проектирования, системной интеграции, оценки рисков.

Рисунок 12.

Структура рынка программного обеспечения для компьютерного инжиниринга (PLM-рынка)



Источник: ЦСР «Северо-Запад» по материалам ARC AG

прогноз глобального рынка компьютерного инжиниринга на 2014–2017 гг. представлен в главе V настоящего издания.

Проектирование становится многоуровневым: от материала, из которого формируется изделие, до всей производственной среды. Идет процесс интеграции программных решений PLM-рынка со смежными системами, обслуживающими предприятия, а именно: ERP-, CRM-, SCM-системами.

Драйверами трансформаций продуктов рынка специализированного программного обеспечения в краткосрочной перспективе являются:

- рост смежных рынков, таких как рынок технологий высокопроизводительных вычислений (High Performance Computing, HPC) и рынок облачных вычислений (Software as a Service, SaaS; Cloud Computing), которые предъявляют новые требования к программному обеспечению, связанные со значительным усложнением или изменением аппаратной части;
- возможности аренды CAE-систем через сервис-модели SaaS.

## 3.2. Характеристики спроса на программное обеспечение для компьютерного инжиниринга в мире

Актуальными технологическими трендами, которые влияют на формирование рынка компьютерного инжиниринга, являются:

- цифровизация всех стадий жизненного цикла продукта с момента формулирования концепции до вывода на рынок;
- интеграция всех этапов создания продукта в единый производственный процесс (разработка, тестирование, технологическая подготовка процесса производства, производство);
- интеграция отдельных функциональных программных систем в комплексные программные платформы для компьютерного инжиниринга;
- внедрение технологий процессного, имитационного моделирования и цифрового производства в энергетику и процессные производства;
- унификация интерфейсов специализированного инженерного программного обеспечения и решений, необходимых для обеспечения бизнес-процессов: систем управления ресурсами предприятия (ERP), систем управления клиентскими отношениями (CRM) и т. д.;
- создание «облачных» сервисов с целью удаленного и многостороннего доступа к программным системам и готовым решениям.

Основной мотив использования специализированного инженерного программного обеспечения — оптимизация производственных процессов, сокращение сроков и стоимости создания новой продукции (см. рис. 13). Фактически глубина оптимизации во многом зависит от квалификации специалистов, работающих с соответствующими программными средствами: чем выше технологические компетенции инженеров по работе со специализированным программным обеспечением, тем существеннее эффекты.

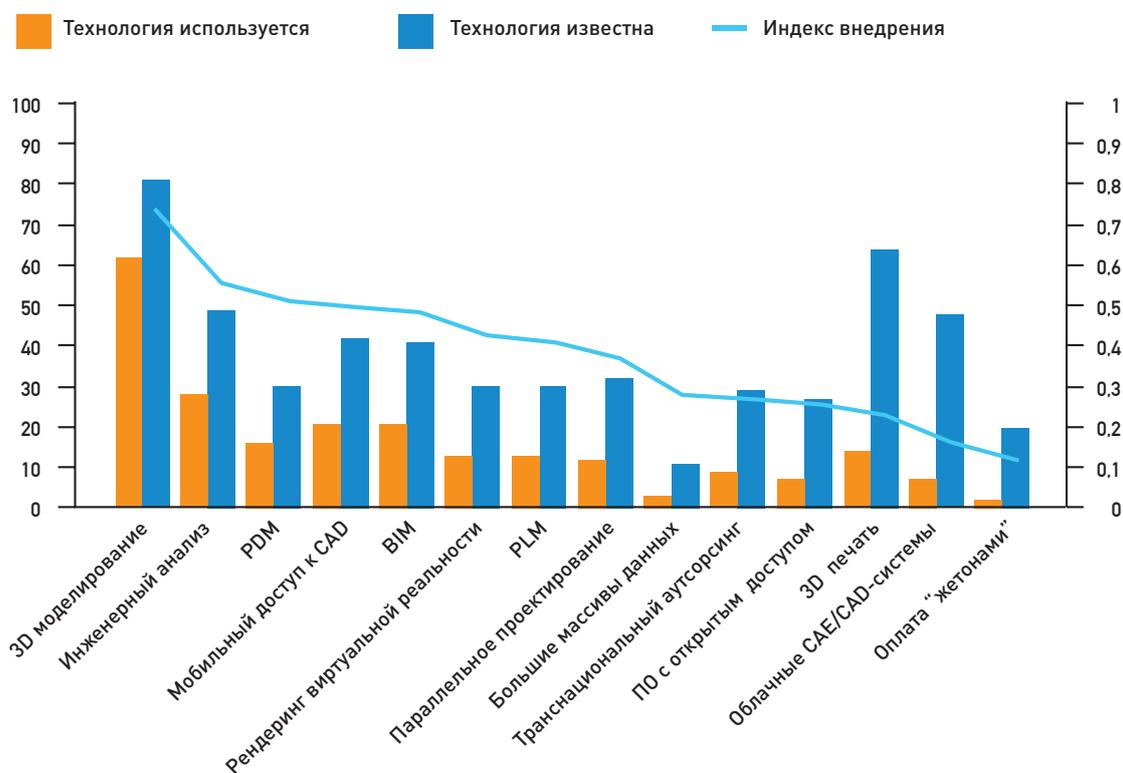
Рисунок 13.  
Оптимизация производственных процессов, %



Источник: по данным опроса Aberdeen Group, проведенного в 2012 г., N= 412

Рисунок 14.

Известность / степень внедрения технологий компьютерного инжиниринга зарубежными компаниями — пользователями инженерными программными средствами



Источник: по данным опроса Business Advantage, проведенного в 2014 г., N=409

По данным зарубежных опросов (см. рис. 14), наиболее востребованными технологиями компьютерного инжиниринга в мире являются автоматизированное проектирование и инженерный анализ. В перспективе ожидается рост спроса на мобильные и облачные технологии, интегрированные инженерные платформы (PLM), программное обеспечение с открытым доступом.

Структура промышленного производства оказывает влияние на потребление инженерных программных средств (см. рис. 15, 16). Наибольший спрос на программное обеспечение для компьютерного инжиниринга предъявляют дискретные производства<sup>28</sup>, которые уже прошли этап технологического перевооружения (лидирующие среди них — автомобилестроение, производство одежды, электротехника, авиаракетостроение). Следующая «волна» потребителей — непрерывные производства<sup>29</sup>, где происходит реструктуризация процессов (химическая промышленность, фармацевтика, пищевая промышленность).

<sup>28</sup> Дискретное производство: изготовление изделия, проходящего через конечное число технологических и сборочных операций. Дискретным принято считать такой тип производства, в котором исходный материал (сырье) при переработке в конечный продукт претерпевает более одного передела с прерыванием технологического процесса. Источник: PLM-pedia, isicad.

<sup>29</sup> Процессное (непрерывное) производство — изготовление изделия, претерпевающего непрерывные изменения, например, в ходе химических реакций. Источник: PLM-pedia, isicad.

Рисунок 15.  
Спрос на инженерное программное обеспечение со стороны дискретных производств в мире, млн долл.

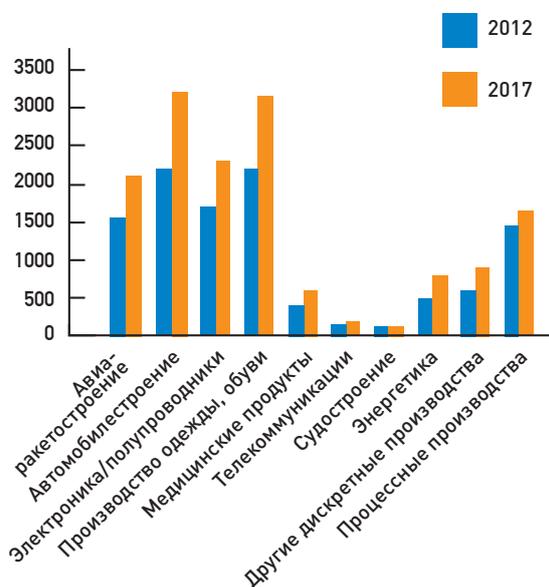
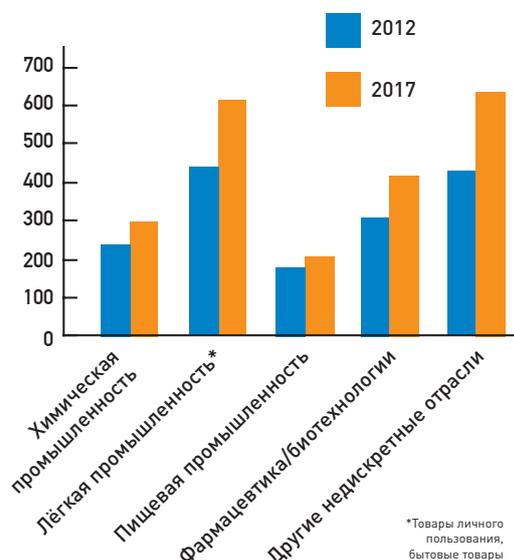


Рисунок 16.  
Спрос на инженерное программное обеспечение со стороны процессных отраслей промышленности в мире, млн долл.



Источник: ЦСР «Северо-Запад» по материалам ARC AG

### 3.3. Характеристика корпоративной структуры рынка программного обеспечения для компьютерного инжиниринга в мире

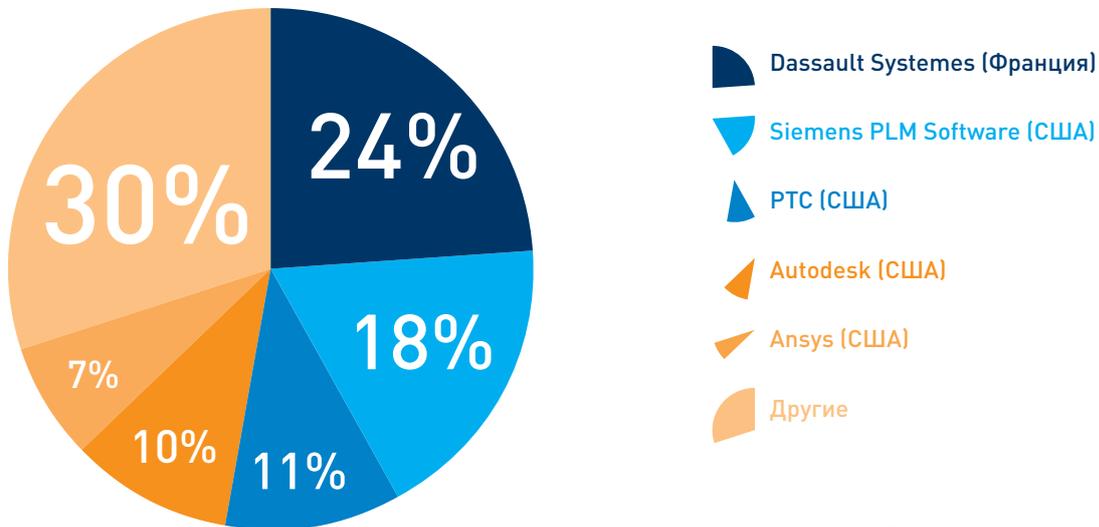
Мировой рынок инженерных программных средств консолидирован: продукция пяти лидирующих компаний формирует 70% продаж программного обеспечения (см. рис. 17). Лидерами рынка являются зарубежные разработчики программных решений: Dassault Systemes (DS), Siemens PLM, PTC, Autodesk, Ansys. Лидерами по объему продаж в денежном выражении являются (2013г.) программные продукты последнего поколения CAD-систем: CATIA (DS), AutoCAD (Autodesk), Unigraphics NX (Siemens PLM Software).

Игроки рынка вкладываются в создание интегрированных инженерных программных платформ (PLM). Об этом свидетельствует направленность корпоративной динамики рынка. Процесс слияний и поглощения на рынке показывает, что приобретаемые компетенции закрывают существующие дефициты для формирования полной продуктовой линейки PLM.

По данным CIMData, среднегодовые темпы роста рынка программного обеспечения для компьютерного инжиниринга за период 2009–2013 гг. составили 7,2%, что в два-три раза больше темпов роста мировой экономики (2–3% в годовом выражении). После посткризисного восстановления наблюдается постепенное снижение темпов роста — за период 2011–2013 гг. почти в два раза. Такая динамика рынка связана с замедлением роста промышленного производства в 2012–2013 гг. Кроме того, прогнозируется сохранение темпов роста на уровне 7% в ближайшие годы, что отражает прогноз динамики рынка, представленный ARC AG (см. рис. 21).

Рисунок 17.

Корпоративная структура мирового рынка компьютерного инжиниринга, 2012 г., %



Источник: ЦСР «Северо-Запад» по данным ARC AG

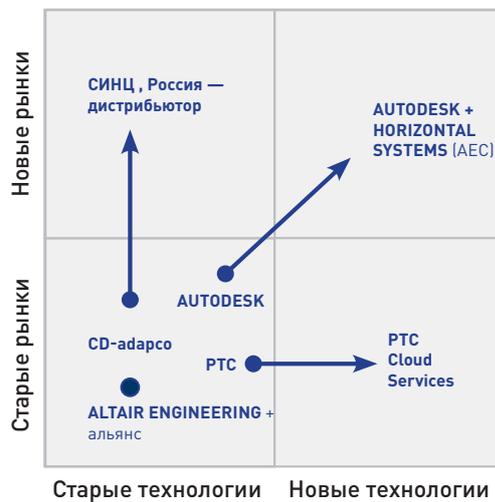
Рисунок 18.

Продуктовые стратегии: зарубежные компании выходят в создание интегрированных PLM-платформ

Специализированная	<b>DS</b> <b>SIEMENS PLM</b>	<b>ITI TranscenData</b> <b>CENTRIC SOFTWARE</b>
	<b>ZWEAVE</b> (специализация — легкая промышленность)	<b>MENTOR GRAPHICS</b> (специализация — электроника)
	Закрытая	Открытая

Рисунок 19.

Рыночные стратегии: доступ к потребителям за счет M&A, альянсов, развития дистрибьюторской сети



Источник: ЦСР «Северо-Запад» по материалам компаний

тинга через создание онлайн-платформы, с помощью которой пользователи могут обмениваться 3D-моделями и заказывать их изготовление<sup>34</sup>.

Покупки мирового гиганта Dassault Systemes связаны с тем, что разработчик расширяет и уточняет портфолио 3DEXPERIENCE — формируемой интегрированной платформы, которая поддерживает отраслевые приложения Dassault Systemes, помогая обеспечивать конечных пользователей максимально широким спектром возможностей в области 3D-моделирования, математического и имитационного моделирования, социальных инноваций, сотрудничества и управления информацией<sup>35</sup>.

### 3.8. Анализ рынка программного обеспечения для компьютерного инжиниринга в России<sup>36</sup>

Российский рынок программных средств для компьютерного инжиниринга является потенциально емким (до 1,7% от мирового объема новых продаж). В последние несколько лет рынок имел высокую динамику роста (средние темпы роста — более 20%) за счет технологического обновления производственных фондов основных отраслей промышленности и первичной продажи лицензий на инженерное программное обеспечение.

Объем расходов организаций обрабатывающей промышленности на приобретение программных средств составил (2012 г.) 16,9 млрд руб. По оценкам, доля инженерного программного обеспечения в структуре общих расходов на приобретение ПО превысила 35%.

Зарубежные производители программного обеспечения давно присутствуют на российском рынке. Лидеры мирового рынка имеют в России офисы продаж и представительства: Siemens PLM (LMS), Autodesk, DS (Solid Works), MSC Software. Кроме этого, они интенсивно развивают партнерскую сеть — российских компаний-реселлеров, которые представляют собой дополнительные каналы продаж и дистрибуции ПО. Например, компания MSC Software открыла свое представительство в России в начале 90-х годов. Позже компания MSC Software стала развивать свою партнерскую сеть, куда входят в настоящее время российские компании ООО «Би Питрон СП», Мебиус, CompMechLab и др. Компании «второго эшелона» выходят на российский рынок преимущественно через создание дистрибьюторской сети: ООО «Лаборатория «Вычислительная механика» (CompMechLab Ltd.) — дистрибьютор продукции Altair Engineering, LS-Dyna и т. д.; ООО «Саровский инженерный центр» — CD-Adapco; ООО «Би Питрон СП» — Cimatron Group, Metacam, CGTech и т. д. К числу партнеров-реселлеров относятся, также, Солвер, группа компаний ЛАНИТ, консалтинговая группа «Борлас», Центр информационных технологий «Мебиус», «ГЕТНЕТ Консалтинг», CSoft Development, КАДФЕМ Си-Ай-Эс, группа компаний «ПЛМ Урал» — «Делкам-Урал» и многие другие.

Ведущими российскими разработчиками инженерного программного обеспечения, производящими решения для управления жизненным циклом продукции, являются группа компаний «АСКОН» и Топ Системы. Объем продаж группы компаний «АСКОН» в 2013 г. составил более 983 млн руб., общее количество корпоративных рабочих мест с профессиональной лицензией CAD-системы КОМПАС от АСКОН превышает 100 тыс. Видимой на рынке является компания ЗАО «Нанософт», предоставляющая бесплатный доступ к базовому программному продукту для геометрического моделирования «nanoCAD» (общее число зарегистрированных пользователей продукта в 2013 г. превысило 300 тыс., из них 29 тыс. — корпоративные пользователи). Среди поставщиков систем для инженерного анализа выделяются ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», компании ТЕСИС, НТЦ АПМ, ряд других.

<sup>34</sup> Подробнее см обзоры Isicad. Электронный ресурс. URL: [http://isicad.ru/ru/articles.php?article\\_num=16645](http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=16645); [http://isicad.ru/ru/articles.php?article\\_num=15843](http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=15843) (дата обращения: 10.01.2014).

<sup>35</sup> Подробнее о платформе см What is Dassault Systèmes' 3DEXPERIENCE Platform?— Engineering.com. Электронный ресурс. URL: <http://www.engineering.com/DesignSoftware/DesignSoftwareArticles/ArticleID/6663/What-is-Dassault-Systemes-3DEXPERIENCE-Platform.aspx> (дата обращения: 10.01.2014); Официальный сайт компании. Электронный ресурс. URL: <http://www.3ds.com/ru/o-kompanii-3ds/platforma-3dexperience/> (дата обращения: 10.01.2014).

<sup>36</sup> Данных об использовании специализированного инженерного ПО в отраслевом разрезе в существующей системе статистического учета нет.

Рисунок 28.  
Структура видов экономической деятельности в разрезе обрабатывающего производства, %, 2012 г.



Рисунок 29.  
Доля организаций обрабатывающей промышленности по объему инвестиций в технологические инновации, %



Источник: ЦСР «Северо-Запад» по итогам анкетирования организаций, 2014 г. N\*=207

В настоящее время дискретные производства<sup>37</sup>: транспортное машиностроение, производство электр- и оптического оборудования, производство машин и оборудования — находятся в стадии технологического перевооружения и являются основными потребителями инженерного программного обеспечения. В будущем рост рынка специализированных программных средств для компьютерного инжиниринга будет определяться адаптацией инженерных решений для организации процессных производств.

<sup>37</sup> Занимают 22% в структуре видов экономической деятельности по объему производства продукции.

## Результаты анкетирования клиентской базы вендоров программного обеспечения для компьютерного инжиниринга

Маркетинговая и/или статистическая оценка рынка компьютерного инжиниринга в России не ведется. С целью получения необходимой информации о рынке ПО для компьютерного инжиниринга в России было проведено анкетирование организаций – пользователей специализированного инженерного ПО.

Период исследования: март — июль 2014 г.  
Характеристика выборки: 1313 компаний — пользователей инженерного программного обеспечения.  
База анализа: 207 релевантных анкет.

### Рисунок 30. Описание методики анкетирования

#### 0. ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП

Формулирование перечня базовых гипотез исследования на основе интервьюирования экспертов и анализа вторичных источников

Поиск сопоставимых зарубежных исследований (отбор кейсов)

Составление перечня вопросов анкеты

- Анкета содержит 25 вопросов по 6 смысловым блокам (общ. информация, инж. деятельность организации, компьютерный инжиниринг, ПО для компьютерного инжиниринга, аппаратная база, тренды рынка)

Определение выборки опрашиваемых организаций

- Первичный опрос вендоров и дистрибьютеров ПО («Делкам-Урал», «Би Питрон», Autodesk, Siemens PLM Software)
- Формирование итоговой выборки - 1313 организаций

#### 1. ЭТАП СБОРА ИНФОРМАЦИИ

Рассылка анкет по списку организаций-респондентов

- Опрос проведен методом сплошного заочного анкетирования

Получение заполненных анкет

- Поступило 216 заполненных анкет

Формирование базы для анализа

- Релевантными были признаны 207 анкет

#### 2. ЭТАП ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

Формирование сводной базы данных

- Сформирована база данных с результатами анкетирования

Количественный и качественный анализ

- Расчет статистических значений
- Выявление качественных закономерностей

Визуальное представление результатов исследования, оформление отчетных материалов

Март- апрель 2014

25 апреля - 16 июня 2014

Июль 2014

Источник: ЦСП «Северо-Запад»

Характеристика респондентов: основными потребителями программных средств для компьютерного инжиниринга являются крупные предприятия дискретных производств; большинство опрошенных компаний — производители оригинального оборудования (ОЕМ) и компании, интегрирующие несколько звеньев технологической цепочки.

Основные практики использования инженерного программного обеспечения:

- более 50% опрошенных организаций создают конструкторско-технологическую документацию на основе 3D-моделирования;
- цифровая модель является конструкторским документом у 14% респондентов;
- конструкторская документация признается только в бумажном виде у 36% респондентов;
- инструменты комплексной автоматизации всех этапов жизненного цикла внедрены у 9%

Рисунок 31.  
Доля организаций по штатной численности сотрудников, %



Рисунок 32.  
Доля организаций, по месту организации в цепочке жизненного цикла продукта, %



Источник: ЦСР «Северо-Запад» по итогам анкетирования организаций, 2014 г. N\*=207

Рисунок 33.  
Доля организаций по отраслевой принадлежности, %



Рисунок 34.  
Место организации в технологической цепочке, по оценке респондентов, %



Источник: ЦСР «Северо-Запад» по итогам анкетирования организаций, 2014 г. N\*=207

Рисунок 35.  
Доля опрошенных организаций, в которых конструкторско-технологическая документация создается на основе 3D-моделирования, %

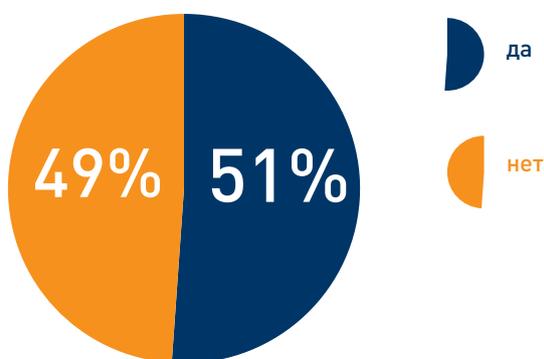
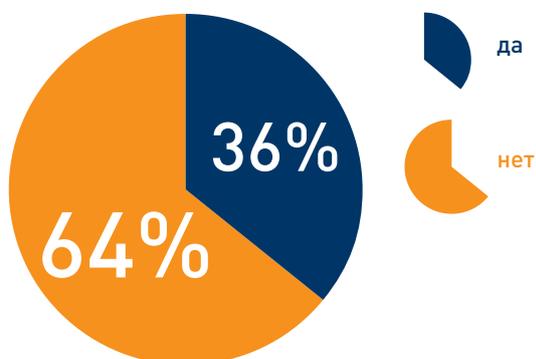


Рисунок 36.  
Доля опрошенных организаций, в которых конструкторская документация признается только в бумажном виде, %



Источник: ЦСР «Северо-Запад» по итогам анкетирования организаций, 2014 г. N\*=207

Рисунок 37.  
Доля опрошенных организаций, в которых электронная модель имеет статус конструкторского документа, %

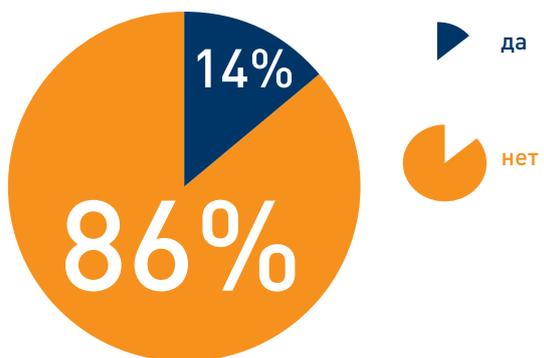
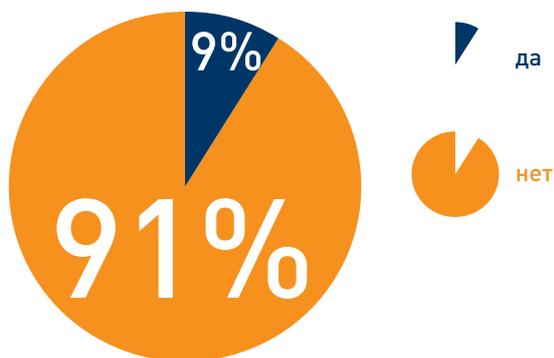


Рисунок 38.  
Доля опрошенных организаций, которыми осуществляется комплексная автоматизация всех этапов жизненного цикла, %

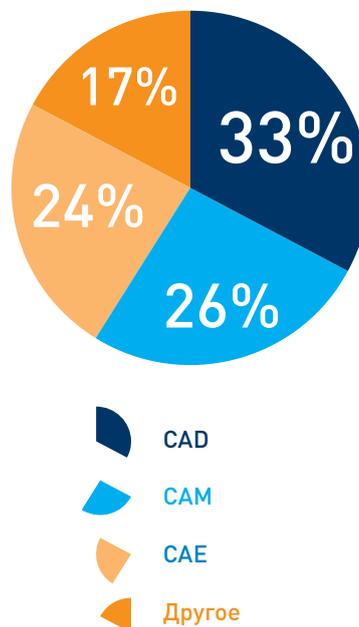


Источник: ЦСР «Северо-Запад» по итогам анкетирования организаций, 2014 г. N\*=207

Рисунок 39.  
Типы задач, решаемых с помощью инженерных программных средств, по доле опрошенных организаций, %



Рисунок 40.  
Типы используемых программных систем, по доле опрошенных организаций, %



Источник: ЦСР «Северо-Запад» по итогам анкетирования организаций, 2014 г. N\*=207

опрошенных.

Структура спроса на программное обеспечение для компьютерного инжиниринга имеет следующие характеристики:

- потребление программных средств группы CAD/CAM/CAE составляет 83% от общего объема потребления респондентов;
- инженерное программное обеспечение используется в основном для разработки продуктов и их компонентов — 54% респондентов;
- прочностные и тепловые расчеты являются основным типом инженерных задач, решаемых с использованием специализированного инженерного программного обеспечения (62%).

Основной спрос предъявляется на продукты ведущих разработчиков мирового рынка. Исключение — программные решения российской группы компаний «АСКОН», компаний Топ Системы, НТЦ ГеММа.

Рисунок 41.  
Результат инжиниринговой деятельности,  
по доле опрошенных организаций, %

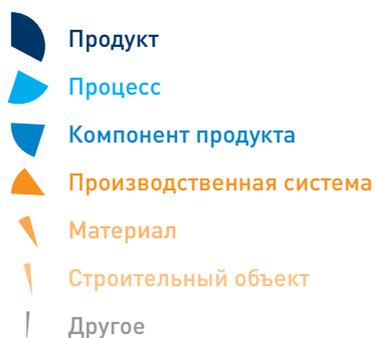
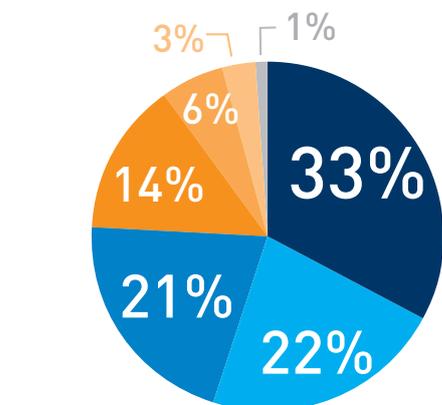
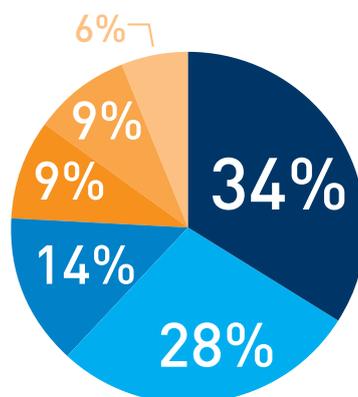
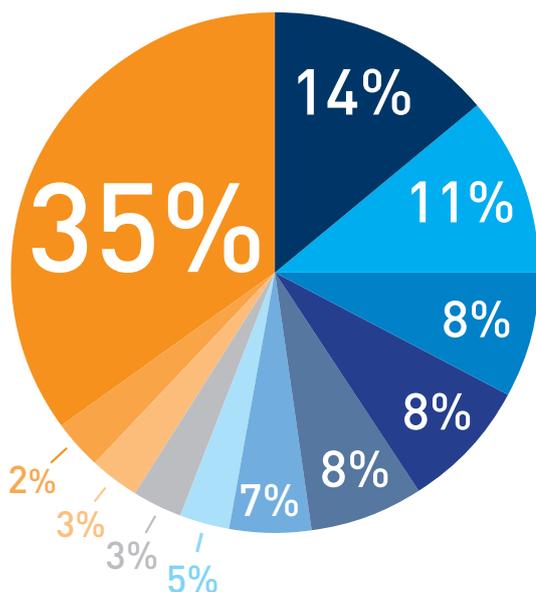


Рисунок 42.  
Типы инженерных расчетов (CAE), по доле  
опрошенных организаций, %



Источник: ЦСР «Северо-Запад» по итогам анкетирования организаций, 2014 г. N\*=207

Рисунок 43.  
Лидеры продаж, по доле опрошенных организаций, %



\*Другое включает: Altium (Австралия), Cadence Design Systems (США), Mentor Graphics (США), CREO (Канада), гр. Компаний Csoft (Россия)

Источник: ЦСР «Северо-Запад» по итогам анкетирования организаций, 2014 г. N\*=207

## Программные продукты, востребованные российским производственным сектором

Компания	Специализация			
	CAD	CAM	CAE	PDM
Autodesk	AutoCAD, Inventor	Inventor		PLM 360
ANSYS	SpaceClaim		ANSYS Mechanical, ANSYS CFD (ANSYS CFX, ANSYS Fluent)	
Siemens PLM Software	NX, Solid Edge	NX-CAM	NX-CAE	Teamcenter
Dassault Systemes	SolidWorks, CATIA	CATIA	SIMULIA (ABAQUS, fe-safe, Isight, TOSCA) SolidWorks Simulation	Enovia (Smarteam), SolidWorks Enterprise PDM
PTC	CREO (PRO/ Engineer)	CREO	CREO (Pro/ Mechanica)	Windchill

Источник: ЦСР «Северо-Запад» по материалам анкетирования организаций, 2014 г. N= 207

Российский рынок программного обеспечения для компьютерного инжиниринга по темпам роста обгоняет мировой. Так, по оценке аналитической компании IDC, в 2012 г. объем продаж инженерного ПО увеличился на 20,2% и достиг 204,6 млн долл., превысив тем самым прогноз аналитиков<sup>38</sup>.

Основные факторы роста: инвестиции в строительную отрасль и промышленное производство, возникновение спроса у крупных предприятий на автоматизацию и оптимизацию управления площадями и инфраструктурой.

По данным экспертного опроса PCWeek<sup>39</sup>, в России спрос на весь спектр PLM-решений оставался высоким, хотя в 2013-м рост несколько замедлился. Это замедление можно объяснить тем, что поведение заказчиков не укладывается в годовой цикл. Купив программное обеспечение, предприятия переходят к его внедрению, что требует времени и средств. По мнению генерального директора компании ТЕСИС С. Н. Курсакова, замедление спроса в 2013 г. обусловлено, в первую очередь, «кризисными явлениями в Российской экономике, отсутствием четкой государственной политики в машиностроительной области, острой нехваткой квалифицированных кадров. Россия исчерпала весь запас экстенсивного увеличения спроса на PLM-технологии»<sup>40</sup>.

Из генераторов спроса эксперты выделяют оборонную промышленность, энергетическую, нефтегазовую сферу, а также транспортное машиностроение — отрасли, имеющие стратегическое значение в промышленной политике страны. Среди лидеров спроса эксперты назвали такие предприятия, как «Объединенная авиастроительная корпорация», «Вертолеты России», «Объединенная двигателестроительная корпорация», КАМАЗ. Компании данных отраслей занимают позиции интеграторов производственных цепочек. По этой причине, в случае их перехода к использованию PLM-технологий, происходит стимулирование спроса на соответствующие решения и со стороны их поставщиков.

<sup>38</sup> Подробнее см [www.pcweek.ru/industrial/article/detail.php?ID=140431](http://www.pcweek.ru/industrial/article/detail.php?ID=140431)

<sup>39</sup> Опрос проводился среди экспертов в области инженерного ПО, включая топ-менеджеров ведущих разработчиков ПО в России и странах СНГ (Dassault Systemes, Siemens PLM Software, АСКОН, Bentley Systemes).

<sup>40</sup> По материалам, переданным С.Н. Курсаковым в адрес ЦСР «Северо-Запад».

Как уже отмечалось, все компоненты, составляющие PLM, не являются единым продуктом, а представляют собой комплекс различных инструментов. Спрос<sup>41</sup> на соответствующие решения на рынке неоднороден. Спрос на CAD-системы, с которых, собственно, и началось развитие PLM-рынка, стабилен, но, хотя объемы продаж CAD-систем остаются большими, темпы их роста, наоборот, сравнительно невелики — в пределах 10–15 % в год.

Тренды спроса на CAD-системы:

- повышается спрос на комплексные решения по автоматизации всего цикла конструкторско-технологической подготовки производства вплоть до задач планирования и контроля производственного процесса;
- общее снижение спроса на CAD и переориентация спроса на другие сегменты.

Сейчас CAE/CAM/PDM-сегменты развиваются явно более высокими темпами, чем сформировавшийся CAD-сегмент. Это более перспективные и динамично развивающиеся направления, которые будут активно развиваться в ближайшие годы. Эта тенденция будет развиваться нарастающими темпами, и чемпионом по темпам роста, на взгляд экспертов, являются CAE-системы. Это обусловлено следующими факторами:

- во-первых, все больше внимания уделяется виртуальным испытаниям разрабатываемой продукции, которые оказываются более эффективными, чем испытания реальные;
- во-вторых, все более возрастающей функциональной оптимизацией изделий на основе мультидисциплинарных подходов инженерного анализа, обеспечивающих максимально адекватное реальности описание изделий и систем, что также способствует либо замене натуральных физических испытаний, либо минимизирует их объем.

В связи с этим следует еще раз подчеркнуть, что речь идет о наиболее наукоемком элементе PLM-технологий — Computer Aid Engineering (CAE). Последнее обусловлено тем обстоятельством, что современный компьютерный инжиниринг аккумулирует передовые подходы математической физики, универсальными инструментами которой являются краевые или начально-краевые задачи для уравнений в частных производных и методы их решения, опирающиеся на различные вариационные и проекционно-сеточные схемы — схемы методов конечных элементов.

Тренды развития сегмента CAE в России:

- интеграция CAD/CAE-систем как между собой (в современных CAD-системах, как правило, имеются модули для инженерных расчетов, а современные CAE-системы имеют развитые средства 3D геометрического и параметрического моделирования), так и с другими составляющими PLM-продуктов;
- рост интереса к решениям в области цифрового производства на основе 3D геометрических моделей и, что гораздо более важно, на основе 3D оптимальных моделей, полученных в результате применения мультидисциплинарных CAE-систем и программных систем для оптимизации элементов конструкций (параметрической, топологической, многокритериальной и т. д.);

Появление на предприятиях перечисленных выше продуктов стимулирует спрос на средства для их интеграции — PDM/PLM-системы.

---

<sup>41</sup> В России приоритетное значение имеет коммерческий спрос, тогда как, например, в Великобритании спрос в значительной степени определяется государством, поскольку на уровне правительства заданы требования по предоставлению именно 3D-моделей и применению стандартов информационного моделирования зданий (BIM).

Тренды развития PDM/PLM-систем:

- решения для работы в географически распределенной среде<sup>42</sup>;
- переход головных разработчиков военной и специальной техники на контракты полного жизненного цикла<sup>43</sup>.

По мнению экспертов, главным стимулом для ускоренного CAE, как центрального эффективного ядра PLM-систем, и развития самих PLM-систем является конкуренция. Результаты такого внедрения и развития позволяют компаниям в сжатые сроки выходить на мировые рынки с изделиями и разработками, которые имеют уникальные характеристики, полученные в результате 3D математического моделирования и компьютерного инжиниринга. Это, в свою очередь, стимулирует переход на новые технологии и модели в процессе эксплуатации таких объектов, создавая основы для эффективных управленческих и финансовых решений. Данные, полученные в результате 3D моделирования и проектирования, а также собранные в процессе эксплуатации объектов, ложатся в основу управленческих и финансовых решений. Поскольку инвестиции в инфраструктуру весьма высоки, то от качества информации о продукции на всех этапах ее жизненного цикла непосредственно зависит экономическая эффективность самих проектов.

К сожалению, на российском PLM-рынке, особенно в части их наукоемкого CAD/CAE-ядра, проявляются факторы, которые не только не стимулируют, но и, более того, тормозят развитие, среди них:

- кадровый дефицит<sup>44</sup>;
- сложность внедрения наукоемких CAE-систем, которое предполагает не только закупку специализированных CAE-технологий и высокопроизводительных вычислительных систем, но и сопутствующую настройку бизнес-процессов, которые в подавляющем большинстве случаев требуют их полномасштабной и коренной перестройки.

Обзор некоторых компаний отечественного сегмента разработчиков программного обеспечения для компьютерного инжиниринга представлен в таблице ниже<sup>45</sup>.

<sup>42</sup> Например, проект создания в ОДК нового семейства авиадвигателей ПД-14 для среднемагистрального самолета МС-21, реализуемый в распределенной среде: головным предприятием выступает пермский «Авиадвигатель», который взаимодействует с площадками, находящимися в Самаре, Уфе и Перми. Для эффективного взаимодействия и решения параллельных задач используется комплексное PLM-решение.

<sup>43</sup> Отметим, что Министерство обороны США перешло на соответствующую систему с начала 1990-х гг., однако для российского производственного сектора этот тренд актуален и в настоящее время.

<sup>44</sup> В связи с этим необходимо указать на проблемы, которые приобретают критическую важность. Во-первых, проблема, связанная с резким ослаблением фундаментального естественнонаучного образования в российской школе. Во-вторых, проблема высшей технической школы, где в последние годы произошло такое же ухудшение преподавания фундаментальных основ инженерного знания. Более того, внедрение и развитие преподавания технологий компьютерного инжиниринга идет, как правило, бессистемно и крайне медленно. Здесь же отметим, что с прекращением работы Президентской программы «Суперкомпьютерное образование» практически прекратилась поддержка работ в области прикладных и образовательных суперкомпьютерных технологий Минобрнауки России.

<sup>45</sup> Подробнее см. Приложение.

**Обзор российских компаний-разработчиков программного обеспечения  
для компьютерного инжиниринга**

Компания	Рыночная ниша
АСКОН	Программное обеспечение для компьютерного инжиниринга, в первую очередь САПР КОМПАС-3D; управление инженерными и проектными данными, инженерная подготовка производства, управление производством.
Топ Системы	Программное обеспечение для управления жизненным циклом продукции (CAD/CAM/CAE/CAPP/PDM/...), система управления проектами и планирования ресурсов, CRM, MES, TQIP и др.
Группа компаний ADEM	Программное обеспечение для автоматизации конструкторско-технологической подготовки производства
ТЕСИС	Программное обеспечение для математического моделирования в области механики жидкости и газа (FlowVision), ПО в области трансляции, валидации и контроля качества цифровой модели изделия (CAD-модели).
Компания «Фидесис»	Программное обеспечение в области механики деформируемого твердого тела и прочности
ЗАО НИЦ СтаДиО	Программное обеспечение для расчетов прочности и надежности конструкций и сооружений
ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»	Инжиниринговые услуги, специализированное программное обеспечение имитационного моделирования, высокопроизводительные вычисления, суперЭВМ

Источник: ЦСР «Северо-Запад» по материалам СПбГПУ

# VI. Государственная политика в области компьютерного инжиниринга

## 6.1. Рынок компьютерного инжиниринга как предмет государственного регулирования

Технологии компьютерного инжиниринга сегодня играют ключевую роль как в процессах комплексного обновления и оптимизации высокотехнологичных отраслей промышленности, так и в новых отраслях по созданию высокотехнологичных продуктов. Для решения задачи промышленного обновления в ряде стран технологии компьютерного проектирования и инжиниринга выделены в специальный предмет управления и поддержки.

Технологии компьютерного инжиниринга являются одним из распространенных объектов управления в национальных документах технологического развития, исследовательских и прикладных кооперационных проектах многих стран.

Укажем причины выделения в специальную область:

- межотраслевое значение сектора и невозможность развития в одном из отраслевых блоках (рассматриваемая группа технологий является актуальной для целого ряда промышленных отраслей);
- высокий потенциал экономической и ресурсной эффективности;
- высокий потенциал возрождения старых отраслей через новые технологии;
- возможность занять лидирующие позиции на зарождающихся самостоятельных рынках продуктов с высокой добавленной стоимостью на стыке индустриально-технологических и научных вопросов;
- высокий спрос на новые классы технологических решений в связи с реструктуризацией технологической базы производственного сектора, углубление связей промышленности и сектора ИКТ;
- форсирование роста ряда смежных рынков – таких как рынок суперкомпьютеров, рынок высокопроизводительных вычислений, рынок облачных сервисов, которые также являются приоритетными предметами государственного регулирования.

Все проекты Евросоюза, одним из направлений которых является компьютерный инжиниринг, интегрированы в инициативу «Производства будущего» (проекты запущены в 2010 г.) и в деятельность европейских технологических платформ, в первую очередь, платформы *Manufacture*, основным направлением работы которой является формирование архитектуры производства будущего. Одним из результатов инициативы станет создание производственной информационной системы на основе стандарта обмена информацией, который позволит осуществлять сетевую передачу производственных данных между отдельными лицами и устройствами, поэтому проекты ориентированы в целом на решение следующих задач: оптимизацию алгоритмов числового программного управления, включая программные логические контроллеры и внедрение технологий *SCADA*;

- оптимизацию алгоритмов числового программного управления, включая программные логические контроллеры и внедрение технологий SCADA;
- усовершенствование системы управления производственным процессом (MES), обеспечивающее комплексную автоматизацию производства с одновременным повышением энерго- и ресурсоэффективности;
- сокращение времени вывода на рынок и масштабирования продукта;
- сокращение затрат на обслуживание жизненного цикла продукта;

внедрение единых источников информации о производственном процессе от разрозненных систем управления производствами в рамках горизонтальных и вертикальных моделей управления жизненным циклом (PLM, ERP).

В связи с этими обстоятельствами финансирование сектора в рамках 7-й рамочной программы Евросоюза распределено между бюджетами финансирования на проекты по направлению «Информационно-коммуникационные технологии» и «Нанотехнологии, материалы, новые технологии производства» и составляет более 600 млн евро, которые напрямую или косвенно стимулируют развитие компьютерного инжиниринга и комплексных решений в области управления жизненным циклом.

Государственная политика по поддержке сектора в США была запущена в начале 1990-х годов и сегодня реализуется в основном через инициативу Advanced Manufacturing Partnership. В качестве смежной области политики можно выделить программы по поддержке инновационных научно-исследовательских и прикладных проектных инжиниринговых центров. Финансирование происходит коммерческим сектором, технологическое движение обеспечивается за счет инжиниринговых центров Национального научного Фонда, а также разработок лабораторий Министерства обороны США, которое является одним из крупнейших держателей компетенций в сфере математического и компьютерного моделирования технических систем.

Отдельно следует выделить инициативу Президента США в сфере цифрового моделирования материалов – Materials Genome Initiative, направленную на существенное сокращение цикла разработки новых материалов и выходы конечных продуктов на рынок, а также на сопутствующее совершенствование средств компьютерного инжиниринга материалов<sup>57</sup>.

В целом стоит отметить, что политика поддержки сектора компьютерного инжиниринга реализуется в форме комплексных коллаборационных проектов прикладных разработок либо на базе построения инновационных инфраструктур. В качестве отдельного целевого направления поддержки сектор не выделяется ни в США, ни в Европе. Причиной этому является его межотраслевой характер, проникновение компьютерного инжиниринга во все этапы создания технической системы. Специфика проектов поддержки состоит также в их прикладной ориентированности на решение конкретных задач (в основном – с целью обеспечения возможности удаленного многопользовательского взаимодействия и улучшения алгоритмов связей между устройствами и программами).

Особо следует отметить запуск в 2013 г. отдельных программ и инициатив по кибербезопасности в Евросоюзе и США.

<sup>57</sup> Подробнее об инициативе см. Materials Innovation. Электронный ресурс. <http://materialsinnovation.tms.org/genome.aspx>

## 6.2. Обзор государственных программ поддержки целевых рынков в России

В России политика по поддержке компьютерного инжиниринга находится на стадии запуска: в предыдущие годы проведена работа по включению в повестку национальной инновационной и промышленной политики общего сектора инжиниринга как одного из ключевых в процессе системного обновления производственного сектора.

В настоящее время ведомством, стимулирующим развитие компьютерного инжиниринга, является Министерство промышленности и торговли Российской Федерации, по инициативе которого в 2013-2014 гг. был принят ряд стратегически значимых документов, в частности, План мероприятий («дорожная карта») в области инжиниринга и промышленного дизайна, а также подпрограмма «Развитие инжиниринговой деятельности и промышленного дизайна» в рамках государственной программы Российской Федерации «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности»<sup>58</sup>.

В соответствии с протоколом заседания президиума Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России от 16 сентября 2014 года № 5, программное обеспечение в сфере сопровождения жизненного цикла создания промышленных продуктов вошло в состав новых производственных технологий, а его разработка должна стать частью национальной технологической инициативы «Новые производственные технологии». Отдельным пунктом протокола является решение о разработке подпрограммы «Разработка отечественного инженерного программного обеспечения», проект которой должен быть подготовлен Минпромторгом России совместно с Минкомсвязью России до 2 июня 2016 г.

В Таблице 14 приведены ключевые государственные инструменты (инициативы и программы) поддержки отрасли инжиниринга с 2010 г. до настоящего времени и перспективе по 2018 г.

Таблица 14

### Инициативы и программы поддержки отрасли инжиниринга со стороны органов государственной власти и институтов развития в России с 2010 по 2018 гг.

Документ	Состав мероприятий
<b>Министерство промышленности и торговли Российской Федерации</b>	
План мероприятий («дорожная карта») в области инжиниринга и промышленного дизайна	<p>Комплекс инструментов государственной поддержки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>создание совета (ассоциации) для координации действий и открытого обсуждения проблем и необходимых действий с экспертным сообществом;</li> <li>формирование открытого реестра компаний-участников рынка инжиниринговых услуг и оборудования, применяемого при оказании инжиниринговых услуг;</li> <li>разработка мер налогового стимулирования;</li> <li>разработка мер финансирования на базе таких организаций, как государственная корпорация «Банк развития и внешнеэкономической деятельности (Внешэкономбанк)», ОАО «Российская венчурная компания», ФГАУ «Российский фонд технологического развития», некоммерческая организация Фонд развития Центра разработки и коммерциализации новых технологий, ОАО «РОСНАНО»;</li> <li>разработка мер стимулирования спроса на продукцию национальных поставщиков оборудования и услуг в области инжиниринга и промышленного дизайна.</li> </ul>

<sup>58</sup> Утвержден распоряжением Правительства Российской Федерации от 23 июля 2013 г. № 1300-р. Утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2014 года №328.

Документ	Состав мероприятий
<p>Подпрограмма «Развитие инжиниринговой деятельности и промышленного дизайна» в рамках государственной программы Российской Федерации «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности»</p>	<p>Мероприятия:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• совершенствование государственного регулирования индустрии инжиниринга и промышленного дизайна;</li> <li>• стимулирование создания и развития ИЦ на базе российских вузов и научных организаций, находящихся в ведении ФОИВ;</li> <li>• стимулирование создания и обеспечения деятельности региональных центров инжиниринга для субъектов МСП;</li> <li>• стимулирование создания и развития ИЦ на базе частных компаний;</li> <li>• развитие компьютерного инжиниринга;</li> <li>• создание и развитие механизмов координации деятельности организаций индустрии инжиниринга и промышленного дизайна.</li> </ul>
<p>Правила предоставления субсидий из федерального бюджета российским организациям на компенсацию части затрат на реализацию пилотных проектов в области инжиниринга и промышленного дизайна в рамках подпрограммы «Развитие инжиниринговой деятельности и промышленного дизайна» государственной программы Российской Федерации «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности», утвержденные Постановлением Правительства Российской Федерации от 22 февраля 2014 г. № 134</p>	<p>В Правилах предусматривается предоставление из федерального бюджета субсидий на компенсацию части затрат на уплату процентов по кредитам, полученным в 2014 - 2016 годах в российских кредитных организациях или в государственной корпорации «Банк развития и внешнеэкономической деятельности (Внешэкономбанк)», на реализацию пилотных проектов в области инжиниринга и промышленного дизайна.</p>
<p>Правила предоставления субсидий из федерального бюджета российским операторам услуг на возмещение части затрат на приобретение специализированного инжинирингового программного обеспечения с целью повышения доступности специализированного инжинирингового программного обеспечения для конечных пользователей индустрии инжиниринга и промышленного дизайна в рамках подпрограммы «Развитие инжиниринговой деятельности и промышленного дизайна» государственной программы Российской Федерации «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности», утвержденные постановлением Правительства Российской Федерации от 14 ноября 2014 г. № 1200</p>	<p>Субсидии предоставляются при условии предоставления операторами услуг скидки конечным пользователям индустрии инжиниринга и промышленного дизайна при приобретении ими по лицензионным договорам специализированного инжинирингового программного обеспечения.</p> <p>Субсидии предоставляются операторам, прошедшим отбор на право получения субсидии. Отбор проводится не менее одного раза в год Министерством промышленности и торговли Российской Федерации.</p>

Документ	Состав мероприятий
<p>Приказ Минпромторга России от 9 апреля 2014 г. № 653 «Об утверждении Плана мероприятий, направленных на разработку стандартов, нормативов, правил в области инжиниринга»</p>	<p>Разработка стандартов в области инжиниринга реализуется во исполнение пункта 9 Плана мероприятий («дорожной карты») в области инжиниринга и промышленного дизайна в рамках мероприятия Подпрограммы «Разработка новых (пересмотр, изменения) стандартов в области инжиниринга и промышленного дизайна».</p>
<p>Совместный приказ Минпромторга России и Росстата от 18 сентября 2014 г. № 1838/570 «Об утверждении Плана мероприятий по разработке и созданию системы мониторинга рынка инжиниринговых услуг и промышленного дизайна, включая организацию федерального статистического наблюдения»</p>	<p>Формирование комплексной системы мониторинга индустрии инжиниринга и промышленного дизайна, включая организацию федерального статистического наблюдения.</p>
<b>Министерство образования и науки Российской Федерации</b>	
<p>Постановление Правительства Российской Федерации № 218 от 9 апреля 2010 г. «О мерах государственной поддержки развития кооперации российских высших учебных заведений и организаций, реализующих комплексные проекты по созданию высокотехнологичного производства»</p>	<p>Выделение субсидий производственным предприятиям для финансирования комплексных проектов организации высокотехнологичного производства, выполняемых совместно производственными предприятиями и высшими учебными заведениями. Субсидия предоставляется на конкурсной основе. Срок предоставления субсидии от 1 до 3-х лет. Объем финансирования до 100 млн рублей в год. Предприятие должно вложить в проект средства в объеме не менее 100% от размера субсидии. Конкурсы на распределение субсидий проводятся ежегодно с 2010 г. В 2013 г. из 262 заявок 30 были признаны победителями. Общий размер запрошенных средств субсидии составил более 4,5 млрд рублей. По результатам предыдущих конкурсов реализуется поддержка 158 проектов. Общий размер выделенных средств федерального бюджета составляет более 28 млрд рублей.</p>
<p>Постановление Правительства Российской Федерации № 218 от 9 апреля 2010 г. «О мерах государственной поддержки развития кооперации российских высших учебных заведений и организаций, реализующих комплексные проекты по созданию высокотехнологичного производства» Федеральная целевая программа «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 гг.», утвержденная постановлением Правительства Российской Федерации от 21 мая 2013 г. № 426</p>	<p>Основная цель заключается в формировании конкурентоспособного и эффективно функционирующего сектора исследований и разработок в области прикладных исследований, включая следующие группы мероприятий, которые непосредственным образом связаны с поддержкой развития отрасли компьютерного инжиниринга.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Мероприятие 3.1 «Обеспечение развития материально-технической инфраструктуры», которая включает в себя, в частности, Мероприятие 3.1.2 «Поддержка и развитие Центров коллективного пользования научным оборудованием».е 3.1 «Обеспечение развития материально-технической инфраструктуры», которая включает в себя, в частности, Мероприятие 3.1.2 «Поддержка и развитие Центров коллективного пользования научным оборудованием»; Центры коллективного пользования (ЦКП) – это научно-организационные структуры, созданные в федеральных научно-исследовательских организациях и высших учебных заведениях, располагающие сложным дорогостоящим исследовательским оборудованием, высококвалифицированными кадрами и обеспечивающие проведение исследований и оказание услуг в интересах этих организаций и учебных заведений, а также внешних пользователей.</li> <li>• Мероприятие 3.2 «Обеспечение развития информационной инфраструктуры».</li> </ul>

Документ	Состав мероприятий
<p>ПРОТОКОЛ заседания межведомственной рабочей группы по реализации при ведущих инженерных и технических вузах пилотных проектов по созданию инжиниринговых центров и компаний от 16 октября 2013 г.</p>	<p>Совместный проект Минобрнауки России и Минпромторга России по созданию и развитию в Российской Федерации инжиниринговых центров на базе ведущих технических вузов страны. Проведенный конкурс выявил 11 вузов-победителей, которые начали работы в 2013 г. В их числе: НИТУ «МИСиС», НИЯУ «МИФИ», МФТИ, УрФУ, МГТУ им. Н.Э. Баумана, КНИТУ, КНИТУ-КАИ, ИГТУ, СПбПУ, ВлГУ, МГТУ «СТАНКИН».</p> <p>Среди победителей – единственный в России Инжиниринговый центр «Центр компьютерного инжиниринга» на базе СПбГПУ, который в марте 2014 г. на XX Международной выставке-конгрессе «Высокие технологии. Инновации. Инвестиции» завоевал Гран-при в номинации «Лучший инновационно-технологический центр» (этот проект был представлен на конкурс совместно тремя организациями: ФГБОУ ВПО СПбГПУ, ООО «Лаборатория «Вычислительная механика» и ООО «Политех-Инжиниринг»).</p>
<p><b>Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации</b></p>	
<p>Протоколы проведения аукционов на выполнение работ по разработке профессиональных стандартов в области инжиниринга и промдизайна</p>	<p>Разработке подлежат следующие профстандарты: дизайнер малых форм, дизайнер транспортных средств и др.</p>
<p><b>Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии</b></p>	
<p>Приказ Росстандарта от 18.08.2014 № 1284 «О создании Проектного технического комитета по стандартизации «Математическое моделирование и высокопроизводительные вычислительные технологии»</p>	<p>Организацией, ведущей секретариат ТК, является ОАО «Т-Платформы»</p>
<p><b>ГК «Банк развития и внешнеэкономической деятельности (Внешэкономбанк)»</b></p>	
<p>В рамках проектной деятельности ГК</p>	<p>Внешэкономбанк финансирует крупные инвестиционные проекты, направленные на развитие инфраструктуры и реализацию инновационных проектов. Проект должен соответствовать отраслевым приоритетам Внешэкономбанка, к которым относятся, в том числе атомная промышленность, оборонно-промышленный комплекс, стратегические компьютерные технологии и программное обеспечение, информационно-коммуникационные системы.</p> <p>Общая стоимость проекта должна составлять не менее 2 млрд рублей. Минимальный размер кредита Внешэкономбанка клиенту – 1 млрд рублей. Срок окупаемости проекта не менее 5 лет.</p> <p>Внешэкономбанк участвует в реализации 66 проектов, направленных на развитие инноваций, реализуемых в 21 отрасли промышленности, в сфере инфраструктуры и в оборонно-промышленном комплексе.</p>

Документ	Состав мероприятий
<b>ОАО «Российская венчурная компания»</b>	
Программа «Развитие сервисной инфраструктуры инновационно-венчурной экосистемы»	<p>Одной из целей программы является сокращение инфраструктурных издержек инновационных компаний для повышения их конкурентоспособности на глобальном рынке. Для достижения цели планируется развитие инфраструктурных компаний, предоставляющих универсальные услуги для инновационных компаний.</p> <p>Программа реализуется в партнерстве с ОАО «РОСНАНО», Фондом развития Центра разработки и коммерциализации новых технологий (Фонд «Сколково»), Фондом содействия развитию малых форм предпринимательства в научно-технической сфере</p>
<b>Программа «Развитие сервисной инфраструктуры инновационно-венчурной экосистемы» ОАО «РОСНАНО»</b>	
Программа по созданию технологических инжиниринговых компаний (ТИК)	<p>Фонд заинтересован в финансировании ТИК, занимающихся технологическим инжинирингом (продуктовым инжинирингом) и разрабатывающих оригинальные технологические решения, которые впоследствии могут стать финальным продуктом, либо могут быть встроены в технологическую цепочку производства финального продукта.</p> <p>Фонд осуществляет финансирование проектов через участие в уставном капитале или через предоставление денежных средств в форме льготного займа. Общий объем финансирования со стороны Фонда не может превышать 75% от заявленного бюджета проекта. Выбор ТИК для финансирования осуществляется на конкурсной основе.</p> <p>В 2011–2012 гг. Фонд провел 2 открытых конкурса по отбору проектов создания технологических инжиниринговых компаний. По результатам конкурсов были отобраны три проекта. В июне-июле 2013 г. состоялся первый отбор заявок в рамках тематического лота «Создание инжинирингового центра по разработке и прототипированию изделий из искусственно созданных композиционных материалов»</p>
<b>ФГАУ «Российский фонд технологического развития»</b>	
В рамках проектной деятельности	<p>Российский фонд технологического развития занимается финансированием прикладных научно-технических проектов, направленных на создание высокотехнологичных производств. Проекты должны осуществляться при поддержке научных учреждений государственных академий наук. Финансирование предоставляется на конкурсной основе. Размер займа, предоставляемого Фондом, составляет от 30 до 100 млн рублей. Сумма чистых активов заявителя должна превышать сумму запрашиваемого займа.</p> <p>В 2013 г. поступило 25 заявок, из них на этап экспертизы были допущены 12.</p>

Источник: ЦСР «Северо-Запад» по материалам открытых источников

Российские компании-разработчики инженерного программного обеспечения<sup>61</sup>

Компания	Специализация			
	CAD	CAM	CAE	PDM
АСКОН	Компас-3D			Лоцман
Топ Системы	T-FLEX CAD	T-FLEX ЧПУ	T-FLEX Анализ, T-FLEX Динамика	T-FLEX DOCs
Группа компаний ADEM	ADEM	ADEM		
ТЕСИС	ViewVidia, 3DTransVidia-for- FlowVision, 3DTransVidia, CompareVidia		FlowVision	
Компания «Фидесис»			CAE Fidesys	
ЗАО НИЦ СтаДиО			СТАДИО, АСТРА- НОВА	
ЗАО «Нанософт»	Нанокад			
ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»	ЛОГОС		ЛОГОС, НИМФА, ДАНКО+ГЕПАРД	
НТЦ «Гемма»		Гемма-3D		
НТЦ «АПМ»			APM WinMachine, APM Civil engineering, APM FEM и др.	

Источник: ЦСР «Северо-Запад» по материалам компаний

<sup>61</sup> Компании, продукция которых используется организациями — участниками анкетирования.

# Глоссарий терминов в области компьютерного инжиниринга

**2D** — от англ. 2-dimensional — двухмерный.

**3D** — от англ. 3-dimensional — трехмерный.

**AEC** (Architecture engineering & Construction) — архитектурный инжиниринг и строительство.

**AMT** — от *англ.* Advanced manufacturing technologies — передовые производственные технологии.

**BIM** — компьютерная информационная модель здания.

**CAD** — Computer-aided design. Компьютерное проектирование, системы автоматизированного проектирования (САПР), компьютерные технологии проектирования, система геометрического моделирования.

**CADD** — от *англ.* Computer-aided drug design — компьютерное проектирование лекарственных препаратов, автоматизированное проектирование лекарственных препаратов.

**CAE** — Computer-aided engineering. Компьютерный инжиниринг в «узком» смысле, инженерные расчеты, виртуальные испытания.

**CAM** — Computer-aided manufacturing. Подготовка технологического процесса производства с использованием ЭВМ.

**CAMD** — от *англ.* Computer-aided molecular design — компьютерное молекулярное проектирование, автоматизированное молекулярное проектирование.

**CAX** — Computer-aided technologies. Совокупность технологий многофункционального проектирования (CAM, CAE, CAD и проч.), совокупность систем автоматизированного проектирования.

**CFD** — от *англ.* Computational fluid dynamics — вычислительная гидродинамика.

**CNC** (Computer numerical control) — числовое программное управление (ЧПУ).

**CRM** — Customer Relationship Management — управление взаимоотношениями с клиентами, бизнес-стратегия, ориентированная на нужды заказчика; CRM-система — корпоративная информационная система, предназначенная для улучшения обслуживания клиентов путем сохранения информации о клиентах и истории взаимоотношений с клиентами, установления и улучшения бизнес-процедур на основе сохраненной информации и последующей оценки их эффективности.

**cPDM** — от *англ.* Collaborative product definition (development) management — совместное управление разработкой продукта, параллельное/совместное проектирование.

**DM** (Digital manufacturing) — цифровое производство.

**EDA** (Electronic Design Automation) — автоматизированное проектирование электронных приборов и устройств.

**EPC/EPCM** — Engineering — Procurement — Construction — Management — комплексный контракт на управление с проектированием, закупками и строительством.

**ERP** — Enterprise Resource Planning — планирование ресурсов предприятия — концепция, появившаяся в результате развития планирования производственных ресурсов; ERP-системы — информационные управляющие системы, которые интегрируют и объединяют множество бизнес-процессов, связанных с операционными или производственными аспектами деятельности предприятия.

**ES** — Engineering Services — инжиниринговые услуги.

**ESO** — от *англ.* Engineering Services Offshoring/Outsourcing — Аутсорсинг инжиниринговых услуг, офшорный инжиниринг.

**FEA** — от *англ.* Finite element analysis — конечно-элементный анализ, анализ методом конечных элементов.

**FLOPS** — Floating-point Operations Per Second — внесистемная единица, используемая для измерения производительности компьютеров, показывающая, сколько операций с плавающей запятой в секунду выполняет вычислительная система (суперкомпьютер); MFLOPS — мегафлопс — 106FLOPS (достигнута в 1964 г.), GFLOPS — гигафлопс — 109FLOPS (1987), TFLOPS — терафлопс — 1012FLOPS (1997), PFLOPS — петафлопс — 1015FLOPS (2008), EFLOPS — эксафлопс — 1018FLOPS (~2016).

**HPC** — от *англ.* High-Performance Computing — высокопроизводительные вычисления, вычисления с помощью суперЭВМ.

**IoT** — от *англ.* Internet of Things — Интернет вещей.

**Learning by doing** — от *англ.* «обучение действием» или «обучение в деятельности».

**MBSE** — Model-Based Systems Engineering — методология моделирования, сопровождающая все стадии жизненного цикла продукции (от её концептуального проекта через проектирование (CAD), анализ и компьютерный инжиниринг (CAE), верификацию и валидацию до завершающих фаз жизненного цикла) на основе применения математических моделей разных классов и уровней сложности, обеспечивающих разные уровни адекватности описания реальных объектов; в некоторых случаях можно трактовать как «инжиниринг на основе математического моделирования», понимая под инжинирингом — компьютерный инжиниринг (CAE), а под математическим моделированием, в первую очередь, — математическое моделирование на основе моделей, описываемых нестационарными нелинейными дифференциальными 3D-уравнениями в частных производных.

**MCAD** (Mechanical computer-aided design) — автоматизированное проектирование механических устройств, машиностроительные САПР.

**MIoT** — от *англ.* Manufacturing Internet of Things — промышленный Интернет вещей.

**OEM** — от *англ.* Original equipment manufacturer — оригинальный производитель оборудования.

**Outsourcing** — аутсорсинг (от *англ.* outsourcing: (outer-source-using) использование внешнего источника/ресурса) — передача организацией, на основании договора, определённых бизнес-процессов или производственных функций на обслуживание другой компании, специализирующейся в соответствующей области. В отличие от услуг сервиса и поддержки, имеющих разовый, эпизодический, случайный характер и ограниченных началом и концом, на аутсорсинг передаются обычно функции по профессиональной поддержке бесперебойной работоспособности от-

дельных систем и инфраструктуры на основе длительного контракта (не менее 1 года). Наличие бизнес-процесса является отличительной чертой аутсорсинга от различных других форм оказания услуг и абонентского обслуживания.

**PDM** — от *англ.* Product data management — управление данными о продукте.

**PLM** — от *англ.* Product lifecycle management — управление жизненным циклом (УЖЦ).

**R&D** — от *англ.* Research&Development — исследования и разработки, НИР и ОКР.

**S&A** — от *англ.* Simulation&Analysis — моделирование и анализ, имитационный анализ, исследование методом моделирования.

**SCM** — Supply Chain Management — управление цепочками поставок — процесс планирования, осуществления и контроля операций в цепи или в сети поставок, логистической сети, основная цель которого — удовлетворить требования заказчика максимально эффективно.

**SI** — от *англ.* Systems integrator/integration — системный интегратор/интеграция.

**Аддитивное производство** — производство, в котором используются аддитивные технологии.

**Аддитивные технологии** — (AM — Additive Manufacturing), или технологии послойного синтеза, сегодня одно из наиболее динамично развивающихся направлений «цифрового» производства. Существует множество технологий, которые можно назвать аддитивными, объединяет их одно: построение модели происходит путем добавления материала (от *англ.* add — «добавлять») в отличие от традиционных технологий, где создание детали происходит путем удаления «лишнего» материала. Классической и наиболее точной технологией является SLA-технология (от Stereolithography Apparatus), или стереолитография, — послойное отверждение жидкого фотополимера лазером. Существует много видов фотополимерных композиций, поэтому спектр применения прототипов, полученных по SLA-технологии, очень широк: макеты и масштабные модели для аэро- и гидродинамических испытаний, литейные и мастер-модели, дизайн-модели и прототипы, функциональные модели и т. д. Селективное лазерное спекание — SLS-технология (Selective Laser Sintering), Selective Laser Melting) — еще одно важное направление аддитивных технологий. Здесь строительным (модельным) материалом являются сыпучие, порошкообразные материалы, а лазер является не источником света, как в SLA-машинах, а источником тепла, посредством которого производится сплавление частичек порошка. В качестве модельных материалов используется большое количество как полимерных, так и металлических порошков. Порошкообразный полиамид применяется в основном для функционального моделирования, макетирования и изготовления контрольных сборок. Полистирол используется для изготовления литейных выжигаемых моделей. Отдельным направлением является послойное лазерное спекание (сплавление) металlopорошковых композиций. Развитие этого направления AF-технологий стимулировало и развитие технологий получения порошков металлов. На сегодняшний день номенклатура металлических композиций имеет широкий спектр материалов.

**Вендор ПО** — организация, занимающаяся распространением программного обеспечения.

**Виртуальный прототип** — виртуальная технология определения модели реального продукта, состоящая из коллекции трехмерных геометрических моделей (взятых из базы данных), размещенных в пространстве в соответствии с представлением о форме продукта, с каждой из которых связана ведомость материалов (BOM), над которыми можно проводить виртуальные инженерные испытания.

**Геометрическое ядро трёхмерного моделирования** — это программная компонента, предназначенная для использования в качестве базового инструментального средства при разработке программных систем, связанных с точным компьютерным моделированием физических трёхмер-

ных объектов. Конечными продуктами, которые могут быть разработаны на основе такого решения, являются системы автоматизированного проектирования (CAD), подготовки производства (CAM), инженерного анализа (CAE) и многих других приложений инженерного программного обеспечения. Во всех таких системах требуется точный и высокопроизводительный инструмент для работы с моделью — формирования данных, хранения, восстановления, средства анализа, специализированные расчёты и многое другое.

**Грид-технологии** — грид-вычисления (от *англ.* grid — решётка, сеть) — это форма распределённых вычислений, в которой «виртуальный суперкомпьютер» представлен в виде кластеров соединённых с помощью сети, слабосвязанных, гетерогенных компьютеров, работающих вместе для выполнения огромного количества заданий (операций, работ). Эта технология применяется для решения научных, математических задач, требующих значительных вычислительных ресурсов. Грид-вычисления используются также в коммерческой инфраструктуре для решения таких трудоёмких задач, как экономическое прогнозирование, сейсмоанализ, разработка и изучение свойств новых лекарств. Грид с точки зрения сетевой организации представляет собой согласованную, открытую и стандартизованную среду, которая обеспечивает гибкое, безопасное, скоординированное разделение вычислительных ресурсов и ресурсов хранения информации, которые являются частью этой среды, в рамках одной виртуальной организации.

**Компьютерный инжиниринг** — комплекс услуг по разработке продукта, проведению расчетов и автоматизации производственных процессов с использованием специализированного инженерного программного обеспечения.

**Компьютерная модель** — компьютерная программа, работающая на отдельном компьютере, суперкомпьютере или множестве взаимодействующих компьютеров (вычислительных узлов), реализующая представление объекта, системы или понятия в форме, отличной от реальной, но приближенной к алгоритмическому описанию, включающей и набор данных, характеризующих свойства системы и динамику их изменения со временем.

Параметрическая модель (проектирование) с использованием параметров элементов модели и соотношений между этими параметрами.

**Передовые производственные технологии** (*англ.* Advanced Manufacturing Technologies, AMT) — понимается группа промышленных технологий, обеспечивающая прогресс в сфере производства и его соответствие ряду требований глобального технологического развития:

1. Передовые технологии обеспечивают рост скорости, экономической эффективности производственных процессов.
2. Передовые технологии обеспечивают новую функциональность выпускаемой продукции.
3. Передовые технологии, а также основанные на них производственные процессы должны отвечать целому набору ценностных требований: экологичность, ресурсоэффективность, доступность и пр. В целом внедрение данных технологий возможно только в обществах и производственных системах, базирующихся на идеологии «устойчивого развития».
4. Использование передовых производственных технологий предполагает обладание целым рядом различных квалификаций и компетенций и организационную готовность предприятия к управлению инженерными рисками, а также по подготовке и переподготовке кадров.

**Программные средства** — все или часть программ, процедур, правил и соответствующей документации системы обработки информации.

**Рабочая станция** — стационарный компьютер повышенной мощности (по сравнению с персональными компьютерами), но не на пике современных вычислительных мощностей (по сравнению с суперкомпьютером) по своим производительным характеристикам оптимизированный под решение задач компьютерного инжиниринга с установленным соответствующим программным обеспечением.

**Средства инжиниринга** — технические устройства и (или) системы (включая программное обеспечение), предназначенные одновременно как для создания продуктов инжиниринговой деятельности, так и для передачи, приема, обработки, хранения, визуализации и создания необходимой информации.

**Цифровой макет** (DMU — *англ.* Digital Mock-Up) — виртуальная технология определения модели реального продукта, состоящая из коллекции трехмерных геометрических моделей (взятых из базы данных), размещенных в пространстве в соответствии с представлением о форме продукта, с каждой из которых связана ведомость материалов (BOM).

## О ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»

ФГУП «Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики» (РФЯЦ-ВНИИЭФ) — Федеральное государственное унитарное предприятие Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом». Институт основан в 1946 г. для реализации советского атомного проекта. Здесь были разработаны первые отечественные атомная и водородная бомбы.

В настоящее время РФЯЦ-ВНИИЭФ — крупнейший научно-технический центр России, который успешно решает оборонные, научные и народнохозяйственные задачи. Основной задачей РФЯЦ-ВНИИЭФ было и остается обеспечение надежности и безопасности ядерного оружия России.

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» обладает мощной расчетной, экспериментальной, испытательной, технологической и производственной базой, что позволяет оперативно и качественно решать возлагаемые на него задачи.

В состав ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» входят несколько институтов: теоретической и математической физики, экспериментальной газодинамики и физики взрыва, ядерной и радиационной физики, лазерно-физических исследований, научно-технический центр высоких плотностей энергии, а также конструкторские бюро и тематические центры, объединенные общим научным и административным руководством.

Адрес: 607188, Нижегородская обл., г. Саров, пр. Мира, 37

Тел.: 8 (83130) 2-48-02

Факс: 8(83130) 2-94-94

Email: [staff@vniief.ru](mailto:staff@vniief.ru)

<http://www.vniief.ru>

## 0 Саровском инновационном территориальном кластере

Саровский инновационный территориальный кластер расположен в Нижегородской области, которая является одним из крупнейших регионов Центральной России. Территорию Саровского инновационного кластера составляют территории закрытого административно-территориального образования г. Саров (Нижегородская область) и Технопарка «Саров», расположенного в 5 км от г. Саров в Дивеевском районе Нижегородской области.

Приоритетные рынки для развития предприятий кластера Сарова:

Рынок суперкомпьютеров (вычислительных машин и услуг, предоставляемых на базе суперкомпьютерных вычислений).

Рынок лазерных установок.

Рынок программного обеспечения.

Рынок ядерной медицины.

Рынок медицинского оборудования.

Другие, включая рынок космических технологий, материаловедения, услуг автоматизации, услуг проектирования и моделирования и проч.

На сегодняшний день РФЯЦ-ВНИИЭФ и компании малого и среднего бизнеса г. Сарова реализовали около двух тысяч проектов и контрактов в рамках международных программ сотрудничества, таких как Инициатива по предотвращению распространения (IPP), Инициатива ядерных городов (NCI), Российско-британская программа «Партнерство атомных городов» (NCP), сотрудничество в рамках Международного научно-технического центра (МНТЦ) и др. Осуществляется экспорт продукции более чем в 60 стран мира.

# О Санкт-Петербургском государственном политехническом университете

Сегодня Санкт-Петербургский государственный политехнический университет — один из ведущих национальных исследовательских университетов России, единственный инженерно-технический вуз в СЗФО, победивший во всех конкурсных отборах ведущих российских вузов, проводимых Минобрнауки России в период с 2007 по 2013 гг. СПбГПУ — победитель конкурса инновационных образовательных программ в рамках Приоритетного национального проекта «Образование» (2007 г.), программ развития университетов, в отношении которых устанавливается категория «национальный исследовательский университет» (2010 г.), конкурсов в соответствии с постановлениями Правительства Российской Федерации №№ 218, 219 и 220 от 9 апреля 2010 г. (2010–2013 гг.).

СПбГПУ вошел в число 15 вузов России, ставших победителями конкурсного отбора на право получения субсидии Минобрнауки России в целях повышения их конкурентоспособности среди ведущих мировых научно-образовательных центров — Программа «5-100-2020». Стратегическая цель СПбГПУ — модернизация и развитие университета как глобально конкурентоспособного научно-образовательного центра, интегрирующего мультидисциплинарные научные исследования и технологии мирового уровня и входящего в число ведущих мировых университетов.

В СПбГПУ обучается около 30 000 студентов и слушателей, более 850 аспирантов и докторантов. Общий контингент иностранных граждан, обучающихся в СПбГПУ, составляет более 3 000 человек из 98 стран. Численность сотрудников университета — более 6 000 человек. В подготовке студентов принимают участие более 3 000 преподавателей, свыше 500 профессоров, докторов наук, 25 академиков и членов-корреспондентов РАН. Доля преподавателей в возрасте от 30 до 49 лет составляет 30%.

СПбГПУ входит в число 500 ведущих университетов в мире, занимая 451–460 место в рейтинге лучших мировых университетов QS World University Rankings.

В 2013 г. пилотный проект СПбГПУ по созданию и развитию Инжинирингового центра «Центр компьютерного инжиниринга» победил в конкурсе Минобрнауки и Минпромторга по отбору пилотных проектов по созданию и развитию инжиниринговых центров на базе ведущих университетов России. Инжиниринговый центр СПбГПУ — один из 11 проектов-победителей в России, единственный Инжиниринговый центр в Санкт-Петербурге, единственный Инжиниринговый центр в области компьютерного инжиниринга в России.

С 2012 г. университетом осуществляется развитие стратегической инициативы «Профессиональное сообщество практик «Материаловедение — Инжиниринг — Промышленный дизайн» (ПСП МИП), поддержанной Президентом Российской Федерации В. В. Путиным, председателем наблюдательного совета АНО «Агентство стратегических инициатив по продвижению новых проектов».

СПбГПУ является участником 20 программ инновационного развития госкомпаний, в том числе: ГК «Ростехнологии», ГК «Росатом», «Газпром», «АВТОВАЗ», «ОПК «Оборонпром», «ОАК», «ОСК», «Нефтяная компания «Роснефть», «РусГидро», «РКК «Энергия» им. С.П. Королева», «ФСК ЕЭС», «Холдинг МРСК», «Концерн «МПО-Гидроприбор», «ЦТСС» и др.; семи технологических платформ; членом Ассоциации ведущих университетов России и ассоциации «Консорциум опорных вузов ГК «Росатом»; участником девяти инновационных территориальных кластеров Санкт-Петербурга; входит в число вузов, заключивших меморандум о сотрудничестве с Фондом «Сколково». В число основных стратегических партнёров СПбГПУ, с которыми заключены договора о целевой подготовке

выпускников и которые являются потребителями научно-инновационной продукции и наукоёмких услуг, входят более 250 промышленных предприятий, ЦКБ, СКБ, КБ и научно-инновационных фирм высокотехнологичных отраслей промышленности.

Россия, 195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., д. 29.

Тел./факс: +7 (812) 552 7395

E-mail: [iafc@spbstu.ru](mailto:iafc@spbstu.ru)

<http://www.spbstu.ru>

# О Фонде «Центр стратегических разработок «Северо-Запад»»

Фонд «Центр стратегических разработок «Северо-Запад» основан в 2000 г.

Учредители: Центр стратегических разработок (Москва), пивоваренная компания «Балтика», ОАО «Телекоминвест», ОАО «Акционерный Банк «РОССИЯ» и ФГУП «Центральный научно-исследовательский институт «Гранит».

Фонд «Центр стратегических разработок «Северо-Запад» — независимый общественный институт.

Деятельность Фонда заключается в проведении стратегических исследований и выработке экспертных рекомендаций по широкому кругу социально-экономических вопросов.

Выполнение функции коммуникативной площадки рассматривается как одна из ключевых задач. Фонд создает условия для свободного и заинтересованного общения представителей различных профессиональных, территориальных, деловых и общественных сообществ по актуальным вопросам стратегического развития.

Работа Фонда в первую очередь адресована лицам, принимающим стратегические решения и несущим ответственность за их реализацию, а также экспертно-консультационным и проектным группам.

Партнерами Фонда являются федеральные министерства и ведомства, региональные и муниципальные органы власти, общественные и научные организации, бизнес-структуры.

Россия, 199106, Санкт-Петербург, 26-я линия В.О., д. 15, корп. 2, лит. А.

Тел./факс: +7 (812) 380 0320, 380 0321

E-mail: [mail@csr-nw.ru](mailto:mail@csr-nw.ru)

<http://www.csr-nw.ru>