

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ЦИФРОВЫЕ ИНДУСТРИАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ
«Цифровая трансформация промышленности» (САЕ)

Москва

2025

Содержание

1.	Введение	3
1.1.	Актуальность темы	3
1.1.1.	Роль прикладного программного обеспечения средств инженерного анализа (САЕ) для цифровой трансформации промышленности	4
1.1.2.	Ключевые факторы, влияющие на рост рынка индустриального программного обеспечения	5
1.2.	Методика исследования	6
1.3.	Цель и задачи исследования	6
2.	Анализ зарубежного рынка САЕ	7
2.1.	Ключевые разработчики САЕ (ЕС, США, Китай)	8
2.2.	Ключевые потребители САЕ (ЕС, США, Китай)	10
2.3.	Роль крупных корпораций (примеры: Autodesk Inc., Siemens AG)	12
3.	Анализ российского рынка САЕ	13
3.1.	Ключевые разработчики САЕ	14
3.2.	Отечественные разработчики САЕ	17
3.3.	Ключевые потребители САЕ	18
3.4.	Роль крупных корпораций	22
4.	Сравнительный анализ зарубежного и отечественного САЕ	24
5.	Анализ потребностей промышленных предприятий	27
6.	Государственная поддержка	30
7.	Анализ рисков информационной безопасности при использовании САЕ-систем	35
7.1.	Меры защиты инженерных данных	35
8.	Заключение	37
8.1.	Рекомендации	38
8.2.	Итоги исследования	39
9.	Источники	39

1. Введение

Цифровая трансформация промышленности представляет собой системный процесс интеграции цифровых технологий во все ключевые этапы производственной деятельности, направленный на повышение операционной эффективности, технологической гибкости и конкурентоспособности предприятий. Одной из наиболее важных стратегических областей в этом процессе является использование средства автоматизированного проектирования (Computer-Aided Design, CAD/САПР) и средства инженерного анализа (Computer-Aided Engineering, CAE). Программное обеспечение класса CAE (ПО CAE) обеспечивает компьютерную поддержку таких проектных операций, как моделирование, анализ, симуляция и оптимизация технических объектов и процессов. Их внедрение позволяет сократить продолжительность проектных и инженерных работ, повысить точность инженерных решений, минимизировать затраты на физические испытания и улучшить качество производимой продукции.

В данном аналитическом отчете рассматриваются основные тенденции развития ПО CAE, области его применения в различных отраслях промышленности, технологические и экономические эффекты от его использования, а также проблемные вопросы и перспективы разработки отечественных решений в контексте цифровой трансформации.

1.1. Актуальность темы

Актуальность этой темы обусловлена рядом системных факторов, которые обеспечивают постоянный спрос на ПО CAE, как важную составляющую цифровизации инженерной деятельности:

Глобальная цифровизация промышленности. Современные компании стремятся интегрировать интеллектуальные цифровые инструменты в свои процессы проектирования и производства. ПО CAE позволяет создавать цифровые модели, проводить виртуальные испытания и оптимизацию, что облегчает переход от традиционного проектирования к цифровому инжинирингу.

Импортозамещение и технологический суверенитет. Внешние экономические

ограничения и санкции вынуждают компании переходить на отечественные инженерные решения. Разработка и внедрение российского ПО САЕ становится приоритетным направлением.

Экономическая эффективность. Использование ПО САЕ позволяет значительно снизить затраты на прототипы и физические испытания, оптимизировать проектирование продукции и производственные процессы, а также сократить количество ошибок при разработке прототипов. Это напрямую влияет на рентабельность производства и устойчивость бизнеса в конкурентной среде.

Таким образом, исследование роли ПО САЕ в цифровой трансформации промышленности актуально не только с научной и технологической точки зрения, но и имеет практическое значение для разработки решений в области импортозамещения, повышения эффективности производственной деятельности и создания устойчивых конкурентных преимуществ для отечественных предприятий.

1.1.1. Роль прикладного программного обеспечения средств инженерного анализа (САЕ) для цифровой трансформации промышленности

Цифровой инженерный анализ представляет собой использование специализированного программного обеспечения для моделирования, оптимизации и верификации изделий и технологических процессов на всех этапах жизненного цикла продукта. Использование ПО САЕ позволяет решать многие технические задачи в различных отраслях, таких как машиностроение, авиационная промышленность, энергетика и другие.

Интеграция САЕ значительно сокращает время разработки продукта и снижает затраты. Использование виртуальных прототипов позволяет сократить или полностью исключить необходимость физических испытаний на ранних этапах, что ускоряет вывод продукта на рынок и снижает затраты на производство.

Одним из важнейших преимуществ САЕ является возможность быстро создавать и тестировать цифровые модели. Это позволяет компаниям улучшать качество своих продуктов, снижать риски проектирования и достигать высокой степени соответствия продукта технологическим стандартам уже в первых

прототипах.

Таким образом, средства инженерного анализа являются незаменимыми инструментами в цифровой трансформации промышленности и способствуют созданию инновационной, адаптивной и эффективной производственной среды.

1.1.2. Ключевые факторы, влияющие на рост рынка индустриального программного обеспечения

Современный этап технологического развития характеризуется ускоренным внедрением цифровых решений в промышленное производство, что обуславливает рост спроса на индустриальное программное обеспечение, включая средства инженерного анализа (CAE). Формирование устойчивых трендов на рынке индустриального программного обеспечения (далее – ПО) связано с совокупностью технологических и экономических факторов.

Ниже приведены наиболее важные факторы, оказывающие системное влияние на направление развития цифровой трансформации промышленности:

- политика импортозамещения и институциональная поддержка отечественного программного обеспечения. одним из важных стратегических двигателей развития промышленного программного обеспечения в России является реализация политики технологического суверенитета. в условиях ограниченного доступа к зарубежным цифровым решениям акцент сместился на стимулирование разработки и внедрения отечественного программного обеспечения;
- быстрый рост облачных технологий;
- рост потребности в платформенных решениях.

Наблюдается постоянная тенденция к переходу от отдельных ИТ-инструментов к интегрированным платформенным решениям, которые обеспечивают полную цифровую трансформацию производственного цикла. В промышленности платформенные решения позволяют объединить функциональность CAE, PLM (средство управления жизненным циклом изделия), MES (средство управления производственными процессами) и ERP (средства финансового менеджмента, управления активами и трудовыми ресурсами) в единой цифровой архитектуре. Это значительно улучшает контроль технологических процессов, снижает затраты

и способствует повышению адаптивности производственной системы.

1.2. Методика исследования

Аналитическое исследование «Цифровая трансформация промышленности» (САЕ) направлено на оценку текущего состояния и перспектив развития рынка средств инженерного анализа, а также для выявления основных участников рынка и определения уровня внедрения решений в промышленность. Для проведения данного исследования были использованы следующие методы:

- изучение и анализ данных, полученных из открытых источников информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», по вопросам разработки и применения программного обеспечения для автоматизированной подготовки производства;

- проведение экспертных интервью с представителями российских компаний, занимающихся разработкой программных решений в области инжиниринговой подготовки производства;

- проведение интервью с представителями российских предприятий, являющихся основными пользователями программного обеспечения для автоматизированной подготовки производства;

- сравнительный анализ отечественных систем САЕ;

- анализ полученных данных, формулировка выводов и разработка практических рекомендаций.

1.3. Цель и задачи исследования

Цель аналитического отчета «Цифровая трансформация промышленности» (САЕ) – оценка текущего состояния перспективы применения ПО САЕ в промышленности.

Задачи аналитического отчета «Цифровая трансформация промышленности» (САЕ):

- выявление потребностей российских промышленных предприятий в специализированной функциональности САЕ-систем с учётом специфики инженерных задач и этапов жизненного цикла продукции;

– анализ отраслевых особенностей применения САЕ-систем в следующих отраслях промышленности:

1. Топливо-энергетический комплекс.
2. Авиастроение.
3. Судостроение.
4. Металлургия.
5. Машиностроение.
6. Радиоэлектронная промышленность.

– определение функциональных пробелов в САЕ-системах, препятствующих полному удовлетворению инженерных задач на предприятиях;

– оценка степени соответствия существующих САЕ-решений текущим и перспективным потребностям отечественных предприятий;

– оценка уровня технологической готовности отечественных САЕ-решений для обеспечения разработки и производства конкурентоспособной продукции, а также формулировка приоритетных направлений их развития в контексте выработки мер государственной поддержки.

2. Анализ зарубежного рынка САЕ

Инженерный анализ (САЕ) – это широкое использование компьютерного программного обеспечения для решения задач инженерного анализа. Компьютерные вычисления (САЕ) привнесли расширенные аналитические возможности в процесс проектирования. Инструменты САЕ позволили инженерам моделировать и анализировать поведение своих конструкций в различных условиях, таких как напряжение, тепло и гидродинамика. Исходя из полученных данных, объём мирового рынка систем автоматизированного проектирования (САЕ) в 2024 году достиг 10,8 млрд долларов США, что показывает широкое распространение инструментов цифрового проектирования в различных отраслях промышленности. По прогнозу, с 2025 по 2033 год рынок будет демонстрировать устойчивый среднегодовой темп роста (CAGR) в размере 9,1%. К концу 2033 года объём рынка САЕ может достигнуть 23,8 млрд долларов США. Это обусловлено развитием САЕ, что будет позволять

внедрять их на предприятиях.

Если рассматривать рынок ПО CAE регионально, то Азиатско-Тихоокеанский регион становится самым быстрорастущим рынком автоматизированного проектирования в связи с индустриализацией и значительными инвестициями в исследования и разработки. Размер рынка на 2024 год составил 2.7 млрд долларов США.

Северная Америка и Европа продолжают лидировать по доле рынка благодаря развитому автомобильному сектору и инфраструктуре. Также уделяется особое внимание к инновациям. В связи с этим в 2024 году Северная Америка занимала самую большую долю рынка, оцениваемую в 3.8 млрд долларов США.

Латинская Америка, Ближний Восток и Африка постепенно набирают обороты благодаря правительственным инициативам. На 2024 год размер рынка составил 1.2 млрд долларов США.¹

2.1. Ключевые разработчики CAE (ЕС, США, Китай)

На международном рынке представлены как крупные международные компании, так и специализированные разработчики. Некоторые участники рынка включают:

– Autodesk (США). Autodesk предоставляет решения для проектирования и подготовки производства, особенно популярные в машиностроении, строительстве, например - облачные платформы – Autodesk Fusion 360 и Autodesk CFD;

– ANSYS (США). Разработчик фокусируется на разработке программного обеспечения для проектирования, тестирования и эксплуатации изделий. Основными продуктами компании являются: ANSYS Mechanical – применяется для механики деформируемого твердого тела, также ANSYS FLUENT и ANSYS Chemkin – предназначены для вычислительной гидрогазодинамики (далее – CFD);

– Siemens Digital Industries Software (США). Компания предлагает комплексные

¹ CAE Market Industry Analysis / [Электронный ресурс] // Growth Market Reports: [сайт]. – URL: <https://growthmarketreports.com/report/computer-aided-engineering-market-global-industry-analysis>.

решения для автоматизации производственных процессов, а также для управления жизненным циклом продукции, например одним из основных продуктов являются продукты – NX и Simcenter, которые применяются в машиностроении и энергетической отраслях соответственно;

– PTC, Inc. (Parametric Technology Corporation) (США). Компания фокусируется на комплексных цифровых решениях, которые охватывают управление жизненным циклом продукта, дополненную реальность, промышленный интернет вещей и аналитику данных. Ключевыми продуктами компании являются: PTC Creo и Windchill;

– Dassault Systemes (Франция). Разработчик программного обеспечения для 3D-проектирования и управления жизненным циклом продукции (PLM), объединённого единой платформой 3DEXPERIENCE; также стоит отметить решение CATIA, направленное на комплексное проектирование сложных изделий, включая их геометрию, функциональность, инженерный анализ и сборку;

– NUMECA (Бельгия). Компания фокусируется на разработке и предоставлении систем программного обеспечения для анализа, проектирования и оптимизации промышленных продуктов и процессов в различных секторах, включая аэрокосмическую, автомобильную, морскую, энергетическую и химическую. Продукт FINE/Turbo предназначен для CFD-симуляции турбомашин и компрессоров; также есть специальный продукт для судостроения – FINE/Marine;

– Yuansuan Technology (Китай). Yuansuan Technology предоставляет системы моделирования для цифровой трансформации промышленности в технологическом секторе, одной из таких систем является облачная платформа - Cloud simulation platform, которая используется для выполнения инженерного анализа.

Для более наглядного представления возможностей зарубежных CAE-систем в различных отраслях промышленности в таблице 1 приведен их основной функционал.

Таблица 1 – Функционал зарубежных CAE-систем

Функционал\название решения	Altair Engineering	Hexagon AB	LS DYNA	CATIA	Simulation	PTC Creo Simulation	Simcenter 3D	Cloud Simulation Platform
CFD (гидро- и аэродинамика)	+	+	+	-	+	-	+	+
FEM (прочностной анализ)	+	+	+	+	+	+	+	+
Тепловой анализ	+	+	+	+	+	+	+	+
Динамика / кинематика	+	+	+	+	+	+	+	+
Crash-анализ	+	-	+	-	-	-	+	-
Оптимизация конструкций	+	±	-	+	-	+	+	-
Интеграция с CAD	+	+	+	+	+	+	+	+
Облачные возможности	+	±	-	+	+	+	+	+
Модальный анализ (собственные частоты)	+	+	+	+	+	+	+	+
Нелинейные расчёты	+	+	+	+	+	+	+	+
Электромагнитные расчёты	-	-	-	-	+	-	±	-
Акустический анализ	+	±	+	-	+	-	+	±
Визуализация результатов	+	+	+	+	+	+	+	+
Управление данными о продукте (PLM)	±	-	-	+	-	+	+	-
Виртуальное прототипирование	+	+	+	+	+	+	+	+

Каждая из систем охватывает широкий спектр отраслей и обеспечивает решение специализированных задач. Их комплексное применение делает данные платформы ключевыми инструментами инженерного анализа.

2.2. Ключевые потребители CAE (ЕС, США, Китай)

CAE-системы широко используются ведущими мировыми производственными компаниями для проектирования, анализа и оптимизации продукции. Примеры мировых потребителей приведен в таблице ниже:

Таблица 2 – Примеры зарубежных потребителей CAE-систем

Страна	Отрасль	Наименование компании
США	Машиностроение, аэрокосмическая	Ford Motor Company, General Motors, NASA, Tesla
Евросоюз	Аэрокосмическая, электроника	Airbus SE, Nokia, ESA (European Space Agency)
Китай	Машиностроение	Guangxi Yuchai Machinery, Great wall motors

– Airbus SE – европейский авиастроительный концерн применяет CAE в аэродинамических расчётах, моделировании прочности и вибраций, термическом анализе и испытаниях на усталость;

– Ford – применяет CAE в разработке кузовных конструкций, анализе пассивной безопасности, оптимизации аэродинамики и снижении массы автомобиля;

– General Motors – использует CAE для моделирования краш-тестов, анализа тепловых режимов двигателей и батарей, оптимизации производственных процессов и повышения долговечности деталей;

– NASA – активно применяет CAE в аэродинамических расчетах, моделировании термических нагрузок, динамике полётов и прочностном анализе конструкций космических аппаратов;

– Tesla – использует CAE для оптимизации батарейных систем, электродвигателей и кузова, а также в моделировании тепловых процессов и аэродинамики электромобилей;

– Nokia – применяет CAE для теплового анализа электронных компонентов, моделирования электромагнитных процессов и оптимизации конструкций телекоммуникационного оборудования;

– ESA – использует CAE для анализа динамики полётов, термомеханического моделирования космических аппаратов, расчёта надёжности и испытаний на устойчивость к космическим условиям;

– Guangxi Yuchai Machinery – применяет CAE-системы (NX и Simcenter 3D, Siemens) для моделирования процессов сгорания, анализа тепловых и механических нагрузок, оптимизации конструкции двигателей;

– Great Wall Motors – применяет CAE-системы (ANSA, META и другие системы) для многодисциплинарной оптимизации конструкции кузовов и подвески, аэродинамических расчётов, оценки пассивной безопасности и виртуальных краш-тестов.

CAE-системы активно применяются крупнейшими мировыми компаниями в различных отраслях – автомобилестроении, аэрокосмической промышленности, машиностроении, электронике и энергетике. Их использование позволяет сократить сроки проектирования, снизить издержки на создание прототипов и повысить надёжность продукции.

2.3. Роль крупных корпораций (примеры: Autodesk Inc., Siemens AG)

Крупные корпорации играют важную роль в мировой экономике, занимаясь различными направлениями деятельности, которые влияют на процессы проектирования, автоматизации и инноваций. На рынке CAE лидирующие позиции занимают технологические корпорации, формирующие стандарты в области цифрового инжиниринга и внедрения моделирования в производственные процессы. Их программные решения находят применение в автомобилестроении, авиации, энергетике, судостроении и других отраслях.

Одним из лидеров рынка является компания Autodesk Inc., основанная в США 30 января 1982 г. Джоном Уокером и группой инженеров в Калифорнии. Autodesk Inc. известна своей ориентацией на малый и средний бизнес, предоставляя им доступ к технологиям, ранее доступным только крупным корпорациям. Через несколько десятков лет после основания компания представила решение Fusion 360, которое имеет особое значение. Данная система объединяет CAD, CAE и CAM в единую среду. Это решение упрощает процесс моделирования и значительно ускоряет вывод продукции на рынок. Autodesk Inc. занимает прочное место в сегменте PLM и инженерного программного обеспечения.

Французская корпорация Dassault Systèmes появилась в 1981 году как дочерняя компания авиационно-космического концерна Dassault Group и уже несколько десятилетий является мировым лидером в области PLM и инженерных решений. Dassault Systèmes разработала интегрированную платформу 3DEXPERIENCE, которая объединяет решения для проектирования (CATIA), инженерного анализа (SIMULIA: Abaqus, CST Studio, XFlow и др.) и управления жизненным циклом (ENOVIA). Особая ценность подхода компании заключается в создании цифровых двойников, что позволяет проектировать и тестировать изделия в виртуальной среде до их физического воплощения.

NUMECA International, основанная в Бельгии в 1990-е годы, является специализированной компанией в области вычислительной гидродинамики (CFD). Её программные комплексы, такие как FINE/Turbo и FINE/Marine, широко применяются в аэрокосмической, энергетической, автомобильной и морской

промышленности. Эти решения позволяют проводить высокоточные расчёты потоков жидкостей и газов, оптимизировать работу турбомашин, корабельных систем, вентиляционных установок и многих других инженерных объектов. С 2021 года NUMECA вошла в состав американской компании Cadence Design Systems, что значительно расширило её возможности по интеграции CFD с мульти-физическими симуляциями.

Именно крупные корпорации формируют глобальные стандарты в развитии рынка CAE, задают направление развития технологий и обеспечивают интеграцию различных инструментов в единые цифровые экосистемы. Их деятельность способствует ускорению инновационных процессов в промышленности, повышает качество и безопасность продукции,

Роль крупнейших корпораций в области CAE заключается не только в разработке программного обеспечения, но и в стратегическом формировании цифровой инженерии.

3. Анализ российского рынка CAE

Российский рынок CAE-систем в последнее время демонстрирует устойчивый рост благодаря повышенному спросу со стороны промышленных предприятий, государственным инициативам по цифровизации и развитию импортозамещения.

По оценке Strategy Partners, в 2023 году объём российского рынка CAE составил **41 млрд рублей**. При этом аналитики прогнозируют рост рынка до 74 млрд рублей (без учёта сегмента PLM-систем) – до 2030 года.²

По оценкам «Росатома», российский рынок CAE составляет около 0,5% от мирового рынка — 3–3,5 млрд рублей.³

² Обзор рынка инженерного ПО / [Электронный ресурс] // Strategy Partners: сайт. – URL: https://strategy.ru/media/uploads/2024/10/Обзор_рынка_инженерного_PO_Strategy_Partners.pdf

³ «Росатом» намерен занять треть доступного международного рынка CAE-систем / [Электронный ресурс] // CNews: сайт]. – URL: https://www.cnews.ru/projects/2022/Rosatom_nameren_vyjti_na_mezhdunarodnyj_rynok_CAЕ_sistem

3.1. Ключевые разработчики CAE

Примером российских производителей CAE является несколько компаний, которые активно развиваются в данной сфере и предлагают решения как для промышленности, так и для транспортных систем.

К наиболее известным относятся:

ООО «Тесис» – разработчик программного комплекса для междисциплинарного моделирования физических процессов и устройств. Основные продукты собственной разработки:

– FlowVision – программный комплекс для моделирования задач аэро- и гидродинамики;

– KompasFlow – программный комплекс для выполнения аэро- и гидродинамических расчётов непосредственно в рабочей среде КОМПАС-3D.

ООО «АСКОН» – разработчик инженерного программного обеспечения и ИТ-интегратор. Предлагает продукты в области CAE, ориентированные на поддержку различных отраслей промышленности, включая машиностроение, авиацию, автомобильное производство, строительство и энергетику. Основные продукты собственной разработки:

– APM FEM – система прочностного анализа для КОМПАС-3D;

– APM WinMachine – система автоматизированного расчёта и проектирования механического оборудования и конструкций.

ООО «Фидесис» – российский разработчик инженерного программного обеспечения в области высокоточного моделирования и анализа. Компания специализируется на создании продуктов класса CAE, ориентированных на поддержку различных отраслей промышленности, включая машиностроение, авиакосмическую отрасль, энергетическое машиностроение, судостроение и автомобильное производство.

– CAE-Fidesys – комплексная CAE-система для решения задач прочностного анализа методом конечных элементов, включая линейную и нелинейную статику, динамику, теплопередачу и контактные задачи;

– Cloud Fidesys – облачная платформа для удалённого выполнения

инженерных расчётов, доступная через веб-интерфейс без необходимости установки локального ПО.

ООО «КАДФло» – инженерно-консалтинговая компания, которая занимается разработкой и поставкой инженерных решений для промышленных предприятий.

– CADFLO – программный продукт для решения задач гидрогазодинамики, теплообмена, прочности, электромагнетизм и инженерного анализа.

В таблице 3 более подробно приведены основные функции отечественных решений.

Таблица 3 – Функционал отечественных CAE-систем

Функционал\название решения	Flow Vision	Kompas Flow	APM FEM	APM WinMachine	CAE-Fidesys	Cloud Fidesys	CAD FLO
CFD (моделирование потоков)	+	+	-	-	-	-	+
FEM (прочностной анализ)	-	-	+	+	+	+	+
Теплопередача	+	+	+	-	+	+	+
Мультифизика	+	-	-	-	+	+	+
Интеграция с CAD	+	-	+	+	+	+	+
Облачное решение	-	-	-	-	-	+	-
Линейный статический расчёт	-	-	+	+	+	+	+
Нелинейные расчёты (геометрическая/физическая нелинейность)	-	-	-	-	+	+	+
Усталостный анализ	-	-	+	+	+	+	-
Расчёт устойчивости	-	-	+	+	+	+	+
Собственные частоты и формы колебаний	-	-	+	+	+	+	-
Кинематический анализ механизмов	-	-	-	+	-	-	-

Функционал\название решения	Flow Vision	Kompas Flow	APM FEM	APM WinMachine	CAE-Fidesys	Cloud Fidesys	CAD FLO
Оптимизация конструкций / параметрический анализ	-	-	-	-	-	-	+
Библиотека стандартных элементов	-	-	-	+	-	-	-
Визуализация (графики, диаграммы, поля)	-	-	-	-	-	+	-

Отечественные CAE-системы демонстрируют широкие возможности для анализа и моделирования в различных отраслях промышленности.

Исходя из общей выручки компаний, которые специализируются на разработке и создании ПО, можно соответственно сделать вывод о том, что именно эти компании демонстрируют наиболее высокие показатели и устойчивый рост по сравнению с их конкурентами.

Таблица 4 – Оценка выручки российских CAE-разработчиков (2022–2024 гг., млн руб)⁴

Компания	2022 г.	2023 г.	2024 г.	CAE продукт
ООО «Кад Фло»	64 951 000	203 361 000	309 113 000	CAD FLO
ООО «ТЕСИС»	160 568 000	204 830 000	255 986 000	FLOW Vision
ООО «Ладуга»	28 473 000	69 119 000	184 701 000	PRADIS
ООО «НТЦ АПМ»	159 674 000	129 024 000	150 525 000	Платформа АПМ
ООО «ФИДЕСИС»	97 403 000	82 654 000	149 968 000	CAE Fidesys

Рынок российских CAE-систем развивается динамично. Большинство компаний демонстрируют устойчивый рост выручки, что подтверждает высокий спрос на отечественные инженерные решения.

3.2. Отечественные разработчики CAE

Специалистами ФАУ «ЦИАМ им. П.И. Баранова» был разработан программный комплекс Gearac1 – CAE-система для автоматизированного анализа,

⁴ Interfax-СПАРК [Электронный ресурс] // Spark-Interfax: сайт. — URL: <https://spark-interfax.ru/>

расчета и проектирования деталей трансмиссий. Gearac1 обеспечивает анализ всех основных деталей трансмиссии. Программный комплекс прошел все этапы экспертизы и был включен в «Реестр программ для электронных вычислительных машин и баз данных».

Возможности программного комплекса Gearac1:

– модуль расчёта цилиндрических зубчатых передач поддерживает как внешнее, так и внутреннее зацепление, обеспечивает расчёт прямозубых, косозубых и шевронных передач по критериям контактной и изгибной выносливости;

– модуль расчета конических зубчатых передач предназначен для расчёта геометрических и прочностных характеристик передач с круговым, тангенциальным и прямым зубом, а также передач типа Zerol;

– модуль расчета планетарных поддерживает несколько схем планетарных передач, несколько способов закрепления сателлита, позволяет учитывать различные конструктивные исполнения и условия работы;

– модуль расчета валов представляет собой комплексную систему, предназначенную для конструирования и оценки усталостной прочности валов, а также для определения реакций опор, долговечности подшипников и визуализации эпюр моментов, позволяет учитывать сложные схемы нагружения и конфигурации валов;

– модуль расчета соединений эвольвентных шлицевых, прямобочных шлицевых и шпоночных предназначен для проведения расчёта соединений на прочность и оснащён встроенной базой данных стандартных отечественных соединений;

– для повышения точности инженерного анализа разработан модуль моделирования процесса нарезания зубьев методом обката – по результатам моделирования определяется фактическая геометрия и средствами Gearac1 создаются трехмерные модели;

– модули Gearac1 поддерживают проведение расчётов по циклограмме нагружения для оценки реальных условий эксплуатации;

– Gearac1 предоставляет функции визуализации геометрии цилиндрических зубчатых передач, создания трехмерных моделей, документирования проектных решений.

3.3. Ключевые потребители CAE

Топливо-энергетический комплекс (ТЭК)

CAE-системы используются для следующих задач: расчёт и проектирование оборудования, а также энергетических сооружений и трубопроводов, что позволяет оценивать прочность, надёжность и эффективность их работы в сложных условиях. Также CAE применяется для экологического контроля, снижения выбросов и повышения энергоэффективности трубопроводов, анализа термонагрузок, проектирования.

В ПАО «Газпром» внедрён отечественный программный комплекс «Волна». Он предназначен для моделирования газотранспортных систем, расчёта режимов работы компрессорных станций, оптимизации транспортировки газа и создания цифровых двойников, обеспечивая импортнезависимость и повышение эффективности эксплуатации⁵.

Авиастроение

В авиастроении CAE-системы применяются для проектирования и расчёта конструкций самолётов и двигателей, что позволяет оценивать их прочность, надёжность и аэродинамическую эффективность. С их помощью моделируются термонагрузки, вибрации и усталость материалов, оптимизируются композитные конструкции и новые материалы. Кроме того, CAE используется для снижения шума, выбросов и повышения топливной эффективности авиационной техники.

ФАУ «СибНИА им. С.А. Чаплыгина» отметило, что наиболее востребованными являются следующие функции:⁶

– построение исследуемой модели, с возможностью внесения изменений в процессе работы;

⁵ <https://inform.gazprom.ru/press/news/2025/03/143966/>

⁶ Опрос «ФГАУ ЦИТ» от 29 июля 2025 г. об использовании систем CAE на промышленных предприятиях.

- построение и генерация расчётных сеток;
- CFD расчёт с возможностью выбора типа течения и модели турбулентности;
- обработка полученных результатов;
- учёт нелинейности поведения объекта расчёта;
- функции оптимизации веса конструкций по условиям прочности и устойчивости.

Судостроение

В судостроении CAE-системы применяются для проектирования и расчёта корпусов кораблей, подводных лодок и морских платформ, что позволяет оценивать их прочность, надёжность и устойчивость при воздействии волн, ветровых нагрузок и агрессивной морской среды. С их помощью моделируются гидродинамические процессы обтекания корпуса, движение судна, кавитация и вибрации. CAE также используется для оптимизации конструкций, снижения массы и скорости судна, а также для расчёта гидродинамики корпуса, ударов и вибраций.

В ПАО «ОСК» внедрён отечественный программный комплекс «ЛОГОС», который используется для прочностного и гидродинамического анализа конструкций при проектировании кораблей, подводных лодок и морских платформ. Применение «ЛОГОС» позволяет моделировать нагрузки на корпуса судов, анализировать вибрации, акустику и тепловые процессы, а также создавать цифровые двойники⁷.

Металлургия

CAE-системы в металлургической отрасли применяются для моделирования технологических процессов, расчёта оборудования и оптимизации производственных линий. С их помощью выполняются прочностные и теплотехнические расчёты прокатных станов, доменных и сталеплавильных агрегатов, литейных форм и печей. Они позволяют анализировать термонагрузки, усталость и износ оборудования, моделировать процессы кристаллизации, литья, прокатки и сварки. Также инженерное моделирование применяется для внедрения новых сплавов

⁷ ОСК провела демо-день ИТСК «Судостроение» / [Электронный ресурс] // АО «Объединённая судостроительная корпорация»: [сайт]. – URL: <https://www.aosk.ru/press-center/news/osk-provela-demo-den-itsk-sudostroenie/>

и материалов.

Компания «Северсталь» применяет САЕ-системы для решения технологических задач металлургии и сотрудничает с российскими разработчиками, включая «ТЕСИС». В работе используются:

- FlowVision – отечественный комплекс для моделирования газо- и гидродинамики металлургических процессов (фурмы, форсунки, горелки, потоки в ковшах и кристаллизаторах);
- FEA-системы (Abaqus, ANSYS, MSC Nastran, Femap) – для расчётов прочности, устойчивости, вибраций и ударных воздействий на конструкции⁸.

Машиностроение

В машиностроении САЕ-системы применяются для проектирования, анализа и оптимизации машин, агрегатов и узлов, что позволяет повышать их надёжность, долговечность и энергоэффективность. С их помощью выполняются прочностные, динамические, теплотехнические и вибрационные расчёты деталей и конструкций. САЕ позволяет моделировать процессы трения, износа, тепловые нагрузки и деформации.

АО «АВТОВАЗ»⁹ использует специальное программное обеспечение класса САЕ для следующих технологических процессов: объёмная штамповка, литье металла, моделирование и проверка технологических процессов в трёхмерной графической среде. На данный момент предприятие использует, как и российские, так и иностранные программные обеспечения, в их число входят следующие разработчики: АО Научно-производственное объединение «МКМ» - Россия, ООО «КВАНТОФОРМ» - Россия, Концерн «R-Про» - Россия, Siemens PLM Software - Германия. АО «АВТОВАЗ» также упомянуло о необходимости в быстром импортозамещении.

АО «Концерн Уралвагонзавод»¹⁰ использует как отечественные,

⁸ Совместная конференция компаний «Северсталь» и ТЕЗИС: математическое моделирование в металлургии / [Электронный ресурс] // [Tesis.com.ru](https://tesis.com.ru): сайт. — URL: <https://tesis.com.ru/news/sovместnaya-konferentsiya-kompaniy-severstal-i-tesis-matematicheskoe-modelirovanie-v-metallurgichesk/>

⁹ Опрос «ФГАУ ЦИТ» от 29 июля 2025 г. об использовании систем САЕ на промышленных предприятиях.

¹⁰ Опрос «ФГАУ ЦИТ» от 29 июля 2025 г. об использовании систем САЕ на промышленных предприятиях.

так и зарубежные CAE-системы, например: ANSYS, LVM FLOW, QForm7 2D/3D, а также T-FLEX, KompasFlow, APM FEM. Данные решения используются для следующих задач:

- моделирование процессов литья;
- процессов обработки металла давлением;
- гидрогазодинамические и акустические расчёты;
- симуляция газов и жидкостей;
- прочностные и тепловые расчёты;
- статические и динамические расчёты;
- кинематический и динамический анализ;
- конечно-элементный анализ;
- расчет размерных цепочек;
- моделирование и анализ схем РЭИ;
- анализ электромагнитных и сложных электромеханических изделий;
- обработка (постэкспериментальной) измерительной информации.

Радиоэлектронная промышленность

CAE-системы в радиоэлектронике применяются для проектирования и анализа электронных компонентов и устройств, включая микросхемы, печатные платы, антенны, блоки питания и системы охлаждения. С их помощью выполняются электромагнитные, тепловые и механические расчёты, моделируются токи и поля, проводится оптимизация топологии печатных плат и проверка на электромагнитную совместимость. CAE позволяет анализировать надёжность, тепловые нагрузки, виброустойчивость и электробезопасность, прогнозировать отказоустойчивость изделий.

По информации АО «НИИССУ» ¹¹(далее – Институт) программное обеспечение класса CAE используется для расчётов и оптимизации показателей достаточности одноуровневых и двухуровневых комплектов запасных частей инструментов и принадлежностей (далее – ЗИП) аппаратуры. Также Институт

¹¹ Опрос «ФГАУ ЦИТ» от 29 июля 2025 г. об использовании систем CAE на промышленных предприятиях.

сообщает о том, что использует отечественный продукт АСОНИКА-К-ЗИП, а наиболее востребованной функцией является анализ радиоэлектронных устройств подвижных объектов на всех этапах жизненного цикла.

ПО класса САЕ используется также в АО «СИП РС»¹² в проектируемых изделиях для различных физических явлений, таких как прочностной и тепловой анализы, а также расчёт электромагнитной совместимости, радиоэлектронных средств, расчёт смет и строительных конструкций, в том числе и машиностроительных. Основные продукты инженерного класса, которыми пользуется АО «СИП РС» – T-flex, EMC Planner и Лира Сапр. Предприятие также отметило, что в настоящее время не планируется модернизация новых производственных линий.

3.4. Роль крупных корпораций

Крупные корпорации играют важную роль в развитии САЕ-систем в России.

Развитие отечественных САЕ-систем автоматизированного проектирования началось ещё в конце 1980-х годов, однако в 1990-е годы российский рынок во многом находился под влиянием зарубежных вендоров. Тем не менее именно в этот период сформировались первые отечественные компании. Одной из первых стала компания АО «АСКОН», основанная в 1989 году в Санкт-Петербурге. Она известна благодаря системе КОМПАС-3D, широко распространённой в машиностроении, а также платформе управления данными «Лоцман: PLM». АО «АСКОН» сумело создать целую линейку решений, адаптированных для потребностей отечественных предприятий.

Ещё одной известной на отечественном рынке компанией является АО «Топ-Системы», которая была основана в 1992 году. Компания внедрила собственное параметрическое геометрическое ядро и активно развивала интеграцию с промышленными предприятиями в области авиастроения, приборостроения и машиностроения.

¹² Опрос «ФГАУ ЦИТ» от 29 июля 2025 г. об использовании систем САЕ на промышленных предприятиях.

Таким образом, с конца 1980-х годов в России постепенно формировался круг национальных разработчиков, которые смогли предложить конкурентоспособные решения, охватывающие широкий спектр задач – от проектирования и инженерного анализа до управления производством.

В настоящее время «Росатом» является одной из крупных корпораций, принимающей активное участие в развитии отечественных CAE-систем. В 2021 году «Росатом» выступил с инициативой создания Консорциума разработчиков и потребителей CAD/CAE систем. В данное объединение вошли ИТ-компании и предприятия атомной отрасли, ОПК, авиастроения, машиностроения, аэрокосмической отрасли, а также институты Российской академии наук и университеты. Цель данного консорциума – обеспечить технологическую независимость промышленных предприятий и исследовательских организаций страны в области систем суперкомпьютерного (математического) моделирования и инженерного анализа.

Среди результатов работы указанного консорциума отмечаются:

- создание вычислительной платформы «Логос Платформа» от «Росатома». Она позволяет размещать цифровые продукты широкого спектра российских разработчиков для использования промышленными заказчиками;
- подготовка проектов внедрения, например, совместного внедрения цифровых продуктов «T-FLEX PLM» (ЗАО «ТОП системы»), «Логос» (РФЯЦ-ВНИИЭФ, «Росатом») и «pSeven» (ООО «Датадванс») на промышленных предприятиях Российской Федерации;
- инициирование проектов по взаимной интеграции модулей для расширения функциональных возможностей линейки цифровых продуктов;
- согласно дорожной карте развития консорциума, к 2027 году должна быть обеспечена замена 80% функционала зарубежных решений CAE, а к 2030 году – 100%.

Помимо этого, консорциум сотрудничает с университетами. Это способствует подготовке кадров, знакомых с отечественными CAD/CAE-продуктами с момента обучения, и обеспечению обратной связи для совершенствования решений.

Таким образом, крупные корпорации занимают ключевые позиции в развитии

отечественных САЕ-систем. Их участие способствует как развитию, так и созданию базы для технологической независимости и конкурентоспособности в данной области.

4. Сравнительный анализ зарубежного и отечественного САЕ

Сравнительный анализ зарубежных и отечественных решений позволяет выявить различия в функционале, возможностях и барьерах.

Результаты подробного сравнительного анализа функций иностранного и российского ПО САЕ приведены в монографии «Функциональные характеристики отечественных систем инженерного анализа (САЕ-систем). Экспертно-аналитический доклад (по состоянию на март 2024 года)» Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого. Для сравнения функциональных характеристик, возможностей отечественных и зарубежных САЕ-систем, был использован классификатор, состоящий из 404 характеристик САЕ-систем.

Для сравнения функциональных характеристик, возможностей отечественных и зарубежных САЕ-систем был использован классификатор, состоящий из 404 характеристик САЕ-систем.

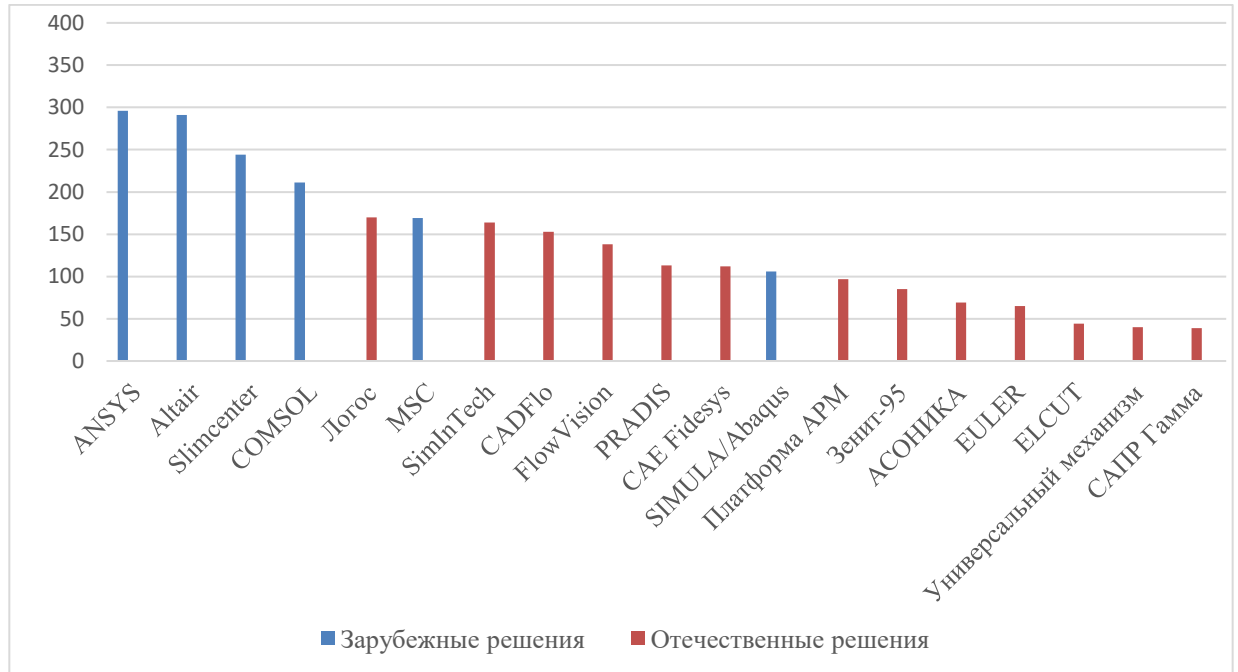
Таблица 5 - Классификатор для сравнительного анализа функциональных возможностей отечественных и зарубежных САЕ-систем

№	Категория	Число требований к функциональным возможностям (число характеристик)
1	Класс задач: Механика деформируемого твердого тела	132
(1)	Геометрические модели, типы КЭ	20
(2)	Возможности моделирования	6
(3)	Модели материалов	6
(4)	Композиционные материалы	13
(5)	Прочностные расчёты	9
(6)	Топологическая оптимизация	10
(7)	Дополнительные возможности	5
(8)	Расчёты колебаний и вибраций	10
(9)	Роторная динамика	6
(10)	Нелинейные нестационарные (динамические) расчёты	3
(11)	Динамические расчёты на основе явного метода интегрирования	13
(12)	Волновая гидродинамика	4

(13)	Тепловые расчёты	8
(14)	Технологии аппроксимации	4
(15)	Дополнительные расчётные возможности	15
2	Класс задач: Вычислительная гидрогазодинамика	75
(16)	Общие возможности моделирования	18
(17)	Однофазные течения нереагирующих жидкостей и газов	11
(18)	Многофазные течения с частицами	9
(19)	Многофазные течения со свободной поверхностью	9
(20)	Многофазные дисперсные течения	12
(21)	Турбомашиностроения	12
(22)	Расчёты обледенения	4
3	Класс задач: Теплопроводность	10
(23)	Теплообмен	10
4	Класс задач: Оптимизация	13
(24)	Технологии оптимизации	13
5	Класс задач: Моделирование поведения материалов со сложной реологией	5
(25)	Моделирование поведения материалов со сложной реологией	5
6	Дополнительные возможности	14
(26)	Высокопроизводительные вычисления	3
(27)	Возможности пре- и постпроцессинга	2
(28)	Многодисциплинарные расчёты	5
(29)	Другие связанные расчёты	4
7	Класс задач: Геометрический препроцессинг	21
(30)	Подготовка геометрии для расчётов	21
8	Класс задач: Электромагнетизм	109
(31)	Низкочастотный анализ	7
(32)	Низкочастотный анализ	7
(33)	Расширенные возможности магнитных расчётов	15
(34)	Высокочастотный анализ	44
(35)	Охлаждение электронных систем	13
(36)	Высокопроизводительные расчёты для задач электронных	8
(37)	Системное моделирование в области ВЧ/СВЧ	9
(38)	Термоэлектрические расчёты	4
(39)	Прочие возможности	2
9	Иные классы решаемых задач	19
(40)	Иные классы решаемых задач	19
10	Перспективные методы моделирования	6
(41)	Перспективные методы моделирования	6
Итого по решаемым задачам 1-10		404

Далее в диаграмме 1 приведены результаты агрегированных функциональных возможностей отечественных и зарубежных САЕ-систем.

Диаграмма 1 – Результаты анализа агрегированных функциональных возможностей отечественных и зарубежных САЕ-систем



Учитывая проведенный анализ данных таблицы 5 и диаграммы 1 по функциональным возможностям отечественных и зарубежных САЕ-систем, можно выделить следующие ключевые аспекты:

- российская промышленность всё ещё в значительной степени зависит от зарубежных САЕ-решений;
- зарубежные системы, такие как ANSYS, Altair, Simcenter, демонстрируют значительно более высокие показатели по суммарной функциональности (более 290 баллов), в то время как наиболее функционально развитая отечественная система достигает лишь 170 баллов.

Для анализа эффективности применения инженерных программных решений также необходимо учитывать их функциональные возможности и универсальность. Сравнение различных САЕ-систем позволяет определить не только технический потенциал, но и экономическую целесообразность внедрения. Также важно оценивать уровень интеграции таких решений с иными программными

комплексами.

Для оценки уровня развития российских решений составлена матрица сравнительного анализа функциональных возможностей отечественных и зарубежных CAE-систем (приложение 2). Она охватывает ключевые направления инженерного анализа - механику деформируемого твердого тела, гидрогазодинамику, тепловые процессы, динамику систем и др.

В матрицу включены зарубежные системы (ANSYS, Altair, Simcenter, MSC, Abaqus) и отечественные разработки (ЛОГОС, CAE Fidesys, CADFlo, T-Flex Анализ, SimInTech, APM StructFEM, EULER, АСОНИКА). Зарубежные решения отличаются широтой функционала, высокой точностью и интеграцией с CAD/PLM-средами. Российские системы активно развиваются: ЛОГОС и CAE Fidesys демонстрируют хорошие результаты в прочностных и термомеханических расчетах, T-Flex Анализ и SimInTech удобны для интеграции с отечественными CAD-платформами.

Зарубежные CAE-системы сохраняют лидерство по функционалу и универсальности, однако отечественные решения стремительно развиваются и уже успешно конкурируют в отдельных направлениях. Для достижения сопоставимого уровня требуется дальнейшее развитие возможностей многофизического моделирования, оптимизационных расчетов и интеграции с цифровыми двойниками.

5. Анализ потребностей промышленных предприятий

Современные промышленные предприятия в условиях курса на технологический суверенитет и импортозамещение испытывают возрастающую потребность в отечественных инструментах инженерного анализа. CAE-системы позволяют ускорить проектирование, повысить надёжность изделий и снизить зависимость от зарубежного ПО.

ФГАУ «ЦИТ» проведен опрос промышленных предприятий и разработчиков CAE-систем. В рамках указанного опроса получены позиции от АО «Концерн Уралвагонзавод», АО «ОПК», НТЦ «АПИМ», ООО «Адванс Инжиниринг», Госкорпорация «Росатом», ФАУ «СибНИА им. С.А. Чаплыгина», АО «АВТОВАЗ», ФГБУ «РЭА» Минэнерго России, ФГБУ «Ниц «Институт имени Н.Е. Жуковского»,

ФАУ «ЦИАМ им. П.И. Баранова», АО «ЦНИИ «Циклон».

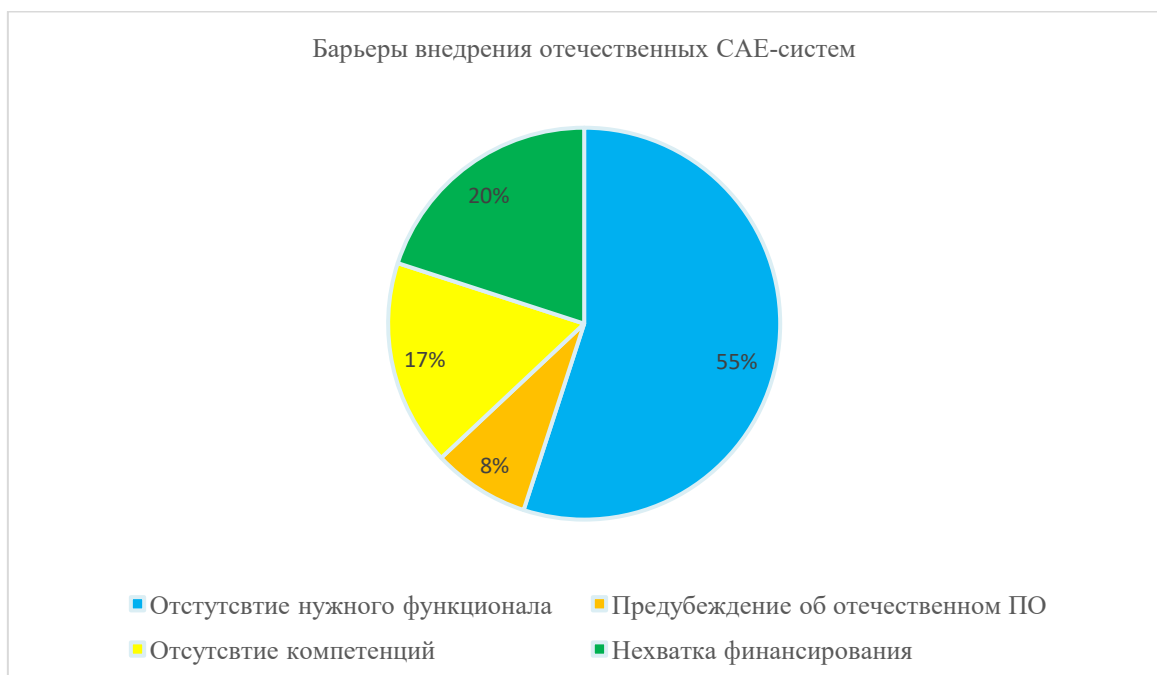
Полученные результаты позволили выделить ключевые тенденции и потребности промышленных предприятий:

– у 20% САЕ систем решений основным ограничением при внедрении выступает недостаток ресурсов: фиксируется «дефицит бюджета» и «высокая стоимость внедрения». Это свидетельствует о том, что предприятия остро нуждаются в дополнительных мерах поддержки – в виде субсидий, налоговых льгот и программ софинансирования для перехода на отечественные разработки;

– около 8% предприятий отмечают барьерами предубеждения о «слабости отечественного ПО» и привычке специалистов использовать зарубежные продукты. Это указывает на необходимость формирования доверия к российским решениям, включая разработку стандартов качества, сертификацию и проведение отраслевых пилотных проектов, которые подтвердят конкурентоспособность отечественных технологий;

– более половины решений либо не имеют отечественных аналогов, либо уступают зарубежным по функциональности. Это указывает на системную необходимость в инвестициях в научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах (далее - НИОКР) и в стимулировании развития отечественных технологий.

Диаграмма 2 – Барьеры внедрения отечественных САЕ систем.



Таким образом, анализ показывает, что промышленным предприятиям необходима комплексная поддержка: финансовая помощь при внедрении, преодоление барьеров недоверия к отечественным продуктам и активное стимулирование НИОКР для создания конкурентоспособных отечественных аналогов. Решение этих задач позволит повысить уровень технологической независимости и устойчивости промышленности.

ФГАУ «ЦИТ» проведён опрос промышленных предприятий о потребностях в конкретном функционале систем класса САЕ. На основе результатов данного опроса было выявлено, что:

АО «ЦНИИ «Циклон» заинтересовано во внедрении программного обеспечения класса САЕ со следующим функционалом:

- расчёт напряжений, деформаций, смещений и запаса прочности;
- оценка многоциклового усталостной прочности компонентов, подвергающихся переменным нагрузкам;
- расчёт распределения температуры и теплового потока;
- определение собственных частот и форм колебаний.

По информации ФГБУ «РЭА» Минэнерго России отсутствуют отечественные решения для ряда потребностей. В их число входят:

- расчёт интеграции (ВИЭ) в энергосистему;
- прогнозирование энергопотребления для балансировки энергосистемы;
- динамическое моделирование потока многофазного флюида скважине/ сети сбора.

Радиоэлектронная отрасль отметила, что есть потребность в отечественных решениях для ряда задач, например для таких как:

- виртуальное тестирование моделей для прогнозирования поведения изделий в реальных условиях, используя метод конечных элементов для анализа напряжений, устойчивости, частотного анализа, термического анализа;
- анализа объемного электромагнитного взаимодействия высокоскоростных, ВЧ и СВЧ компонентов в частотной и временной областях.

АО «АВТОВАЗ» также отметил потребность в отечественных решениях

для моделирования листовой штамповки и пластика.

Более детальная информация о конкретных продуктах, функционале и областях применения приведена в приложении к отчёту.

6. Государственная поддержка

В современных условиях технологический суверенитет Российской Федерации напрямую связан со способностью отечественных предприятий разрабатывать, внедрять и эффективно использовать собственные цифровые решения. Программное обеспечение для инженерных расчётов является важным компонентом технологического суверенитета Российской Федерации, учитывая продолжающийся процесс импортозамещения, а также цифровизации промышленности.

В связи с продолжающимся процессом импортозамещения, а также активной цифровизацией промышленности, значение российских САЕ-решений сильно увеличилось. Государство, понимая важность инженерного ПО, активно развивает комплекс мер поддержки, направленных на создание, внедрение и масштабирование отечественных решений.

Одним из ключевых нормативных документов, который определяет вектор государственной поддержки в сфере САЕ, является распоряжение Правительства Российской Федерации от 7 ноября 2023 г. № 3113-р «Об утверждении Стратегического направления в области цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности, относящейся к сфере деятельности Министерства промышленности и торговли Российской Федерации и о внесении изменений в распоряжение Правительства Российской Федерации от 6 июня 2020 г. № 1512-р». Данное распоряжение утвердило стратегическое направление цифровой трансформации. В рамках документа выделено пять межотраслевых (экосистемных) проектов, среди которых особое место занимает «Умное производство». Данная инициатива предполагает формирование инфраструктуры для внедрения отечественного инженерного ПО, включая САЕ, CAD, PLM, MES и другие решения, а также создание цифровых двойников и интеграцию сквозных цифровых технологий в производственные процессы.

Указ Президента Российской Федерации от 30 марта 2022 г. № 166 «О мерах по обеспечению технологической независимости и безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации» направлен на снижение зависимости от иностранных технологий и стимулирование отечественных разработок.

Постановление Правительства Российской Федерации от 14 ноября 2023 г. № 1912 «О порядке перехода субъектов критической информационной инфраструктуры Российской Федерации на преимущественное применение доверенных программно-аппаратных комплексов на принадлежащих им значимых объектах критической информационной инфраструктуры Российской Федерации» ограничивает использование иностранных программно-технических комплексов для значимых объектов критической информационной инфраструктуры, что также способствует развитию российских решений.

Данные меры позволят обеспечить технологическую независимость, а также повысить конкурентоспособность российской промышленности.

Особое место в системе господдержки занимает программа «**Цифровая субсидия**», действующая с 2021 года. Она ориентирована на малый и средний бизнес и позволяет компенсировать до 50% затрат на приобретение лицензий и интеграцию отечественного ПО, в том числе САЕ-систем, включённых в государственный реестр Минцифры России.

Институциональная основа господдержки

Координация и реализация мер государственной поддержки распределена между несколькими ключевыми ведомствами и институтами развития:

– Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации (Минцифры России) – отвечает за ведение реестра отечественного ПО, администрирование цифровой субсидии, координацию проектов по созданию инфраструктуры для САЕ-решений, а также за формирование нормативно-правовой базы для их применения в промышленности.

С 1 января 2025 г. в Российской Федерации вступил в силу пониженный налоговый режим для IT-отрасли. В соответствии с действующим законодательством

ставка налога на прибыль для аккредитованных IT-компаний составляет 5%. Для применения указанной льготы организация должна иметь аккредитацию Минцифры России. Льготная ставка будет действовать до 2030 года включительно, что создаёт дополнительные стимулы для развития IT-сектора, привлечения инвестиций и укрепления конкурентоспособности отечественных компаний на мировом рынке.

Согласно постановлению Правительства Российской Федерации от 16 ноября 2015 г. № 1236 **«Об утверждении Правил формирования и ведения единого реестра российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных и единого реестра программ для электронных вычислительных машин и баз данных из государств - членов Евразийского экономического союза, за исключением Российской Федерации»** Минцифры России было уполномочено федеральным органом исполнительной власти по формированию и ведению реестра российского программного обеспечения и реестра евразийского программного обеспечения.

Реестр отечественного программного обеспечения создается для поддержки российских разработчиков и стимулирования использования отечественного ПО в государственных и корпоративных закупках. В него включаются программы, официально признанные отечественными, которые могут применяться в госорганизациях и компаниях с госучастием. Основная цель реестра - снизить зависимость от иностранного ПО и повысить информационную безопасность. Использование ПО из Реестра является обязательным при закупках. Если российский аналог отсутствует или не удовлетворяет функциональным требованиям, допускается приобретение иностранного ПО, но обязательно с документальным обоснованием причин исключения. Для сегмента САЕ это означает следующее: если российский продукт присутствует в Реестре, закупка должна производиться преимущественно отечественного ПО; если аналог отсутствует – необходимо оформить исключение с пояснением причин.

– Министерство промышленности и торговли Российской Федерации (Минпромторг России) проводит конкурсы, выделяет гранты на разработку

и внедрение инженерного ПО, организует пилотные проекты на промышленных предприятиях, формирует заказы на доработку решений под нужды отраслей. Одним из инструментов поддержки являются субсидии на НИОКР, позволяющие возмещать до 80% затрат при максимальной сумме до 300 миллионов рублей на проект. Важную роль играют меры по модернизации производственных мощностей, где размер поддержки составляет от 25% до 50% затрат, а также специальные проекты быстрого реагирования для ускоренной замены критически важного импорта. В сфере САЕ-по предусмотрено субсидирование приобретения лицензий отечественных систем и запуск с 2026 года программы софинансирования внедрения PLM-решений. Разработчики могут воспользоваться налоговыми льготами - нулевая ставка налога на прибыль до 2024 года и сниженная ставка 5% до 2030 года, а также льготными займами Фонда развития промышленности. Кроме того, Минпромторг России формирует политику обязательного перехода промышленных предприятий на отечественные CAD/CAE-системы, что стимулирует спрос и закрепляет российские решения на рынке;

– российский фонд развития информационных технологий (РФРИТ) финансирует ИТ-компании и стартапы, занимающиеся разработкой и продвижением отечественных САЕ-решений. Фонд предоставляет гранты на внедрение российских программных продуктов в сфере информационных технологий. Размер гранта зависит от масштаба проекта: он может покрывать от 20% до 80% расходов компании, при этом сумма поддержки достигает до 500 млн рублей. Средства можно направлять на доработку программного обеспечения, адаптацию его под требования заказчика, обучение специалистов, а также на внедрение решений на предприятиях. Обязательным условием является локализация разработки в России и подтверждение внедрения в реальном секторе экономики;

– фонд содействия инновациям и платформа Национальной технологической инициативы «Технет» - поддерживают разработчиков, выводящих на рынок новые программные продукты для цифрового инжиниринга. Программы поддержки разделены на четыре категории, некоторые из них:

1. Программа «Технологический прорыв НТИ» предназначена

для команд исследователей, малых и средних технологических компаний и научно-исследовательских центров, разрабатывающих прорывные продукты на рынках НТИ.

2. Программа «Инфраструктура НТИ» нацелена на развитие инфраструктурных проектов для рынков НТИ: испытательных полигонов, инжиниринговых и сертификационных центров, библиотек данных, акселераторов.

– инновационный центр «Сколково» обеспечивает налоговые льготы, консультационную, экспертную и инфраструктурную поддержку для ИТ-компаний, создающих инженерное ПО.

Фонд «Сколково» предоставляет комплекс мер финансовой поддержки, направленных на развитие инновационных проектов и привлечение инвестиций в высокотехнологичный сектор. Ключевым инструментом является грантовое финансирование, которое выделяется участникам проекта для исследований, разработок и коммерциализации технологий. Особое место занимают микрогранты (от 180 тыс. до 1,5 млн руб., но не более 4 млн руб. в год на участника). Они не требуют софинансирования и могут направляться на защиту интеллектуальной собственности, прототипирование, испытания и сборку опытных образцов. В рамках программы «Цифровая экономика» финансируются проекты на основе сквозных цифровых технологий. Условием является обязательное софинансирование, а цель – внедрение отечественных цифровых решений и развитие цифровой среды.

7. Анализ рисков информационной безопасности при использовании САЕ-систем

САЕ системы – одна из самых главных инфраструктур для проектирования и анализа инженерных решений. Однако есть ряд определенных ограничений, которые могут возникнуть в связи с требованиями информационной безопасности.

Инженерные данные в САЕ являются интеллектуальной собственностью компании. Их утечка ведёт к финансовым потерям и снижению конкурентоспособности, поэтому необходима надёжная защита результатов исследований и разработок.

Организации, создающие специфические и разнообразные продукты, особенно

уязвимы. Для этих компаний однократное нарушение правил техники безопасности может привести к катастрофическим убыткам, снижению их позиций на рынке и жизнеспособности. Поэтому внедрение комплексных мер безопасности для защиты технических данных не только рекомендуется, но и важно.

Возможные риски, связанные с информационной безопасностью:

- утечка данных: из-за отсутствия встроенного шифрования САЕ файлы легко удалить, зашифровать или испортить, что может привести к серьезным потерям;
- сетевая атака: передача данных через незашифрованные каналы, например, почту или мессенджеры, может также привести к утечке данных.

7.1. Меры защиты инженерных данных

Меры защиты информации занимают важную роль. Надежная защита конфиденциальных данных будет затруднена, если не использовать специальные технические средства и комплексы.

Организационные меры:

- проведение регулярных аудитов и тестирование безопасности, например, анализ уязвимостей и контроль цепочек поставок;
- развитие политики безопасности, например предусматривать меры информационной безопасности на этапах разработки, эксплуатации и обновления;
- резервное копирование, а также системы восстановления, регулярное тестирование восстановления данных;
- обучение персонала, повышение осведомленности об утечках данных, а также регулярные напоминания о возможных инцидентах.

Правовые и нормативные меры:

- стандарты безопасности и сертификация, учитывая ГОСТ Р 27001, ГОСТ Р 62443 и иные требования безопасности;
- регистрационные и правовые инструменты защиты ИС: патентные разработки, оформление прав на объекты интеллектуальной собственности и заключение соглашений о конфиденциальности информации.

Программные средства защиты информации:

– антивирусы – обнаруживают и блокируют вредоносные программы. Антивирусы могут проводить сигнатурный анализ, то есть сравнивать файлы с базой данных известных вирусных сигнатур. также антивирусы могут проводить эвристический анализ – обнаруживать неизвестные вирусы на основе анализа их структуры и поведения;

– межсетевые экраны (фаерволы) – контролируют и фильтруют трафик, который проходит через сеть, блокируя подозрительные действия. межсетевые экраны контролируют доступ, то есть разрешают или блокируют трафик по ip-адресам. также фаерволы отвечают за фильтрацию содержимого, а точнее анализируют содержимое пакетов, блокируя вредоносные или подозрительные данные;

– средства шифрования – обеспечивают конфиденциальность и целостность данных через шифрование с помощью криптографических алгоритмов, например, протоколы SSL/TLS – шифруют передаваемые данные на веб-сайтах, а затем защищают их от перехвата;

– системы обнаружения вторжения – выявляют потенциальные угрозы и предотвращают атаки до того, как они смогли нанести ущерб, например, IDS (intrusion detection system) анализирует сетевой трафик, затем выявляет подозрительную активность и оповещает системных администраторов о возможных угрозах, а система IPS (intrusion prevention system) может автоматически блокировать вредоносные действия, тем самым предотвращая возможные атаки в реальном времени.

Отдельное внимание стоит уделить рискам информационной безопасности, связанным с использованием облачных вычислений. Передача и хранение данных на сторонних серверах повышает вероятность несанкционированного доступа, утечки информации через уязвимости инфраструктуры, а также зависимость от надежности провайдера облачных услуг. Кроме того, возможны нарушения целостности данных при сбоях или некорректной синхронизации, что делает необходимым применение дополнительных мер контроля, шифрования и резервирования информации в облачной среде.

Цифровая трансформация промышленности помимо новых возможностей для предприятий предполагает возрастающие риски киберугроз. Соответственно необходимо уделять должное внимание защите данных, чтобы сохранить конкурентное преимущество на мировом рынке.

8. Заключение

Проведенное аналитическое исследование в рамках аналитической работы по прикладному программному обеспечению авторизированных инженерных расчётов (CAE-системы) подтвердило ключевую роль CAE-систем в цифровой трансформации, а также выявление нескольких ключевых тенденций и вызовов, которые стоят перед российской промышленностью и экономикой в целом.

Установлено, что использование CAE-технологий становится неотъемлемым элементом ускорения инновационного цикла – от проектирования и моделирования до испытаний и оптимизации производственных процессов. Это позволяет значительно сокращать сроки вывода продукции на рынок, снижать затраты и повышать качество конечного продукта.

Также анализ показал, что в условиях глобальной конкуренции российские предприятия сталкиваются с необходимостью снижения зависимости от зарубежного программного обеспечения и формирования собственной базы CAE-решений. Данная тенденция напрямую связана с вопросами технологического суверенитета и импортозамещения.

Выделены ключевые зарубежные и отечественные разработчики CAE-систем, определены основные отрасли их применения и используемый функционал.

Были выявлены ключевые вызовы для предприятий российской промышленности: высокая стоимость внедрения CAE-систем, недостаток квалифицированных кадров, потребность в интеграции программного обеспечения с другими элементами цифровой экосистемы (ERP, PLM, CAD/CAM-системами), а также необходимость адаптации отечественных решений к международным стандартам и лучшим практикам.

Таким образом, результаты анализа позволяют заключить, что дальнейшее

развитие и поддержка отечественных САЕ-систем является стратегически важным фактором для обеспечения конкурентоспособности промышленности, ускорения цифровой трансформации и укрепления экономической независимости России в современных условиях.

8.1. Рекомендации

В целях обеспечения устойчивого развития отечественного рынка САЕ-систем целесообразно реализовать следующие меры:

– усиление государственной поддержки – разработка программ финансирования, налоговое стимулирование предприятий, внедряющих отечественные решения;

– формирование технологической независимости – постепенное сокращение зависимости от зарубежных поставщиков, разработка стандартов совместимости интеграции;

– интеграция науки и производства – развитие совместных проектов университетов, научных институтов и промышленности, создание консорциумов и отраслевых кластеров;

– подготовка квалифицированных кадров – включение курсов по отечественным системам в образовательные программы, организация центров компетенций и программ повышения квалификации;

– стимулирование инновационной активности – поддержка малых инновационных компаний, развитие стартапов, проведение отраслевых мероприятий для обмена опытом;

– повышение международной конкурентоспособности – содействие экспорту отечественных решений, активное участие в международных стандартизационных инициативах.

8.2. Итоги исследования

В целом, развитие отечественного рынка САЕ-систем требует реализации комплексных мер по поддержке научных исследований, разработке инновационных технологий и стимулированию сотрудничества между университетами,

исследовательскими центрами и промышленными предприятиями. Эффекты от внедрения и совершенствования отечественных САЕ-систем способны положительно отразиться как на развитии промышленности, так и на укреплении научно-технического потенциала страны.

Среди ключевых преимуществ можно выделить сокращение времени и затрат на испытания и прототипирование, рост надежности и качества конечных изделий, а также укрепление технологической независимости. Использование отечественных решений в области САЕ будет способствовать активному развитию инновационной деятельности, формированию компетенций мирового уровня, ускорению вывода новых продуктов на рынок, а также созданию новых рабочих мест в высокотехнологичных секторах.

9. Источники

Научная образовательная литература:

1. Функциональные характеристики отечественных систем инженерного анализа (САЕ-систем). Экспертно-аналитический доклад (по состоянию на март 2024 года): монография. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. Передовая инженерная школа «Цифровой инжиниринг».

Официальные источники и отчёты:

2. Постановление Правительства РФ №50038 / [Электронный ресурс] // [Government.ru](http://government.ru): [сайт]. -URL: <http://government.ru/docs/50038/>.

3. Постановление Правительства РФ от 16 ноября 2015 года № 1236 «Об утверждении Правил формирования и ведения единого реестра российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных и единого реестра программ для электронных вычислительных машин и баз данных из государств - членов Евразийского экономического союза, за исключением Российской Федерации»

4. Государственные меры поддержки цифровизации / [Электронный ресурс] // Government.ru: [сайт]. URL:

<http://static.government.ru/media/files/OwFdjc3nMWk3BqAUbjqdJImPl3NxqRIS.pdf>.

5. Затраты на развитие экономики / [Электронный ресурс] // CNews: [сайт]. - URL: https://gov.cnews.ru/news/top/2025-02-28_zatraty_na_razvitie_ekonomiki.

6. Цифровая субсидия / [Электронный ресурс] // 1С-Бит: [сайт]. – URL: https://www.1cbit.ru/blog/chto-takoe-tsifrovaya-subsidiya-i-kto-mozhet-ee-poluchit/?utm_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2F.

7. САПР и цифровизация / [Электронный ресурс] // САПР.ру: [сайт]. – URL: <https://sapr.ru/article/26115>.

8. Официальный сайт Министерства промышленности и торговли Российской Федерации (Минпромторг России): [сайт]. – URL: <https://minpromtorg.gov.ru/>.

9. Официальный сайт Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации (Минцифры России): [сайт]. – URL: <https://digital.gov.ru/>.

10. Официальный сайт Фонда развития информационных технологий (РФРИТ): [сайт]. – URL: <https://rfrt.ru/>.

11. Официальный сайт Фонда «Сколково»: [сайт]. – URL: <https://sk.ru/>.

12. Официальный сайт Национальной технологической инициативы «Технет»: [сайт]. – URL: <https://nti2035.ru/markets/technet/>.

13. Постановление Правительства Российской Федерации от 14 ноября 2023 г. № 1912 «О порядке перехода субъектов критической информационной инфраструктуры Российской Федерации на преимущественное применение доверенных программно-аппаратных комплексов на принадлежащих им значимых объектах критической информационной инфраструктуры Российской Федерации».

14. Указ Президента Российской Федерации от 30 марта 2022 г. № 166 «О мерах по обеспечению технологической независимости и безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации».

Иные источники:

15. Переход на российское ПО в 2025 году: законодательная база и сегменты рынка / [Электронный ресурс] // Integrator (nota.media): [сайт]. – URL:

<https://integrator.nota.media/blog/articles/perekhod-na-rossiyskoe-po-v-2025-godu-zakonodatelnaya-baza-i-segmenty-rynka/>.

16. Топ-10 ИТ-трендов в России на 2025 году / [Электронный ресурс] // CNews: [сайт]. – URL: https://www.cnews.ru/reviews/cnews_it-trendy_2025/articles/top-10_it-trendov_v_rossii_na_2025_gpo.

17. Ключевые вызовы промышленного сектора и приоритеты ИТ-рынка / [Электронный ресурс] // Elec.ru: [сайт]. – URL: <https://www.elec.ru/publications/analitika-rynka/8910/>.

18. Global Industry 4.0 Market. Industry Overview and Forecast / [Электронный ресурс] // Data Bridge Market Research: [сайт]. – URL: <https://www.databridgemarketresearch.com/ru/reports/global-industry-4-0-market>.

19. Цифровая трансформация: как повысить эффективность производственного предприятия / [Электронный ресурс] // Хабр: [сайт]. – URL: <https://habr.com/ru/articles/875438/>.

20. Как обеспечить техническую защиту информации на предприятии / [Электронный ресурс] // Spectrum Data: [сайт]. – URL: <https://spectrumdata.ru/blog/proverka-soiskatelya/kak-obespechit-tekhnicheskuyu-zashchitu-informatsii-na-predpriyatii/>.

21. Data security measures in data engineering / [Электронный ресурс] // Medium: [сайт]. – URL: <https://medium.com/technology-nineleaps/data-security-measures-in-data-engineering-64abc03a72db>.

22. Официальный сайт Международной организации по стандартизации (ISO): [сайт] – URL.: <https://www.iso.org/ru/home.html>.

23. Официальный сайт Международной электротехнической комиссии (IEC): [сайт]. –URL.: <https://www.iec.ch/homepage>.

24. Официальный сайт IEC System of Conformity Assessment Schemes for Electrotechnical Equipment and Components (IECEE): [сайт]. – URL: <https://www.iecee.org>.

25. Параграф: защита информации / [Электронный ресурс] // SecurityLab: [сайт]. - URL: <https://www.securitylab.ru/blog/personal/paragraph/355408.php>.

26. IPS и IDS: ключ к защите от современных кибератак / [Электронный ресурс] // Incom.by: [сайт]. – URL: <https://incom.by/articles/ib/ips-ids-klyuch-k-zashchite-ot-sovremennykh-kiberatak/>.
27. Средства криптографической защиты информации / [Электронный ресурс] // Falcongaze: [сайт]. – URL: <https://falcongaze.com/ru/pressroom/publications/osnovy-ib/sredstva-kriptograficheskoy-zashchity-informacii.html>.
28. Simcenter 3D / [Электронный ресурс] // Официальный сайт «Октава»: [сайт]. – URL: https://www.octava.ru/catalog/3d_virtualnoe_modelirovanie/simcenter_3d/
29. Simcenter 3D PDF-обзор / [Электронный ресурс] // Smart-Fem: [сайт]. - URL: https://www.smart-fem.de/media/simcenter_3d.pdf.
30. Основы CAE / [Электронный ресурс] // САПР.ру: [сайт]. – URL: <https://sapr.ru/article/25539> .
31. NUMECA / [Электронный ресурс] // 3CAE: [сайт]. – URL: <https://3cae.ru/numeca/>.
32. NUMECA Fine Turbo 17.1 / [Электронный ресурс] // Caxsoft.net: [сайт]. URL: <https://www.caxsoft.net/Itxy/CFD/NUMECA%20FINE%20Turbo%2017.1.download.html>.
33. Официальный сайт Yuansuan: [сайт]. – URL: <https://yuansuan.com/en>.
34. Цифровые технологии в инженерном анализе / [Электронный ресурс] // Dzen.ru: [сайт]. – URL: https://dzen.ru/a/ZrSGuywnYGpZTX_-.
35. «CAE-системы инженерного анализа» / [Электронный ресурс] // Habr: [сайт]. – URL: <https://habr.com/ru/companies/ascon/articles/792200/>.
36. САПР: что это такое и виды систем / [Электронный ресурс] // Cleverence: [сайт]. – URL: <https://www.cleverence.ru/articles/finansy/sapr-chto-eto-takoe-vidy-avtomatizirovannykh-sistem-proektirovaniya/>.
37. Цифровизация промышленности / [Электронный ресурс] // Adeptik: [сайт]. – URL: <https://adeptik.com/blog/cifrovizaciya-promyshlennosti/>.

38. ОСК провела демо-день ИТСК «Судостроение» / [Электронный ресурс] // АО «Объединённая судостроительная корпорация»: [сайт]. – URL: <https://www.aosk.ru/press-center/news/osk-provela-demo-den-itsk-sudostroenie/>
39. Российские CAE-системы для инженерных задач / [Электронный ресурс] // Iskra-Tech: [сайт]. – URL: <https://iskra-tech.ru/rossijskie-cae-sistemy-dlya-resheniya-inzhenernykh-zadach/>.
40. The global CAE market overview / [Электронный ресурс] // IDST: [сайт]. – URL: <https://idstch.com/technology/ict/the-global-computer-aided-engineering-cae-market-a-comprehensive-overview/>.
41. CAE Market Report / [Электронный ресурс] // Market Research Future: [сайт]. – URL: <https://www.marketresearchfuture.com/reports/cae-market-22591>.
42. Отчет CAE (2024) / [Электронный ресурс] // FEA.ru: [сайт]. – URL: https://assets.fea.ru/uploads/fea/news/2024/12/31/2024_1228_CAЕ.pdf.
43. Цифровые технологии: Dzen-публикация / [Электронный ресурс] // Dzen.ru: [сайт]. – URL: https://dzen.ru/a/Y5BUne4byCm1Un_Y.
44. Официальный сайт Autodesk: [сайт]. – URL: <https://www.autodesk.com/eu/>.
45. Совместная конференция компаний «Северсталь» и ТЕЗИС: математическое моделирование в металлургии / [Электронный ресурс] // Tesis.com.ru: сайт. — URL: <https://tesis.com.ru/news/sovместnaya-konferentsiya-kompaniy-severstal-i-tesis-matematicheskoe-modelirovanie-v-metallurgichesk/>
46. Официальный сайт Ansys: [сайт]. – URL: <https://www.ansys.com>.
47. Официальный сайт Siemens Digital Industries Software: [сайт]. – URL: <https://www.sw.siemens.com/en-US/>.
48. Официальный сайт PTC: [сайт]. – URL: <https://www.ptc.com/en/>.
49. CAE Market Industry Analysis / [Электронный ресурс] // Growth Market Reports: [сайт]. – URL: <https://growthmarketreports.com/report/computer-aided-engineering-market-global-industry-analysis>.

50. CAE Market Report / [Электронный ресурс] // Verified Market Reports: [сайт]. – URL: <https://www.verifiedmarketreports.com/ru/product/cae-market/>.
51. Газпром информ / [Электронный ресурс] // Газпром информ: [сайт]. – URL: <https://inform.gazprom.ru/press/news/2025/03/143966/>
52. Rusatom Energy: официальный сайт [сайт]. – URL: <https://rusatom-energy.ru>.
53. Interfax-СПАРК [Электронный ресурс] // Spark-Interfax: сайт. — URL: <https://spark-interfax.ru/>