

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«ЦИФРОВЫЕ ИНДУСТРИАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

## АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ

Цифровая трансформация промышленности.  
Прикладное программное обеспечение автоматизированной подготовки  
производства (САМ-системы)

Москва  
2025 г.

## Оглавление

1. Введение.....	3
2. Предмет исследования.....	6
3. Анализ зарубежного рынка САМ.....	7
3.1 Региональный анализ зарубежного рынка САМ-систем.....	8
3.2 Анализ китайского рынка программного обеспечения автоматизированной подготовки производства.....	9
3.3 Анализ американского рынка программного обеспечения автоматизированной подготовки производства.....	12
3.4 Анализ рынка Европейского Союза программного обеспечения автоматизированной подготовки производства.....	14
4. Анализ российского рынка САМ-систем.....	16
4.1 Ключевые российские производители САМ-систем.....	18
4.2 Ключевые потребители САМ-систем.....	21
5. Сравнительный анализ российских и зарубежных САМ-систем.....	25
6. Анализ потребностей отраслевых предприятий.....	32
7. Государственная поддержка.....	36
7.1 Индустриальные центры компетенций.....	37
7.2 Национальная технологическая инициатива.....	39
7.3 Инициативы крупных компаний.....	41
7.4 Консорциум разработчиков инженерного программного обеспечения «РазВИТие».....	44
8. Экономический эффект.....	46
9. Заключение.....	47
9.1 Рекомендации.....	48
9.2 Итоги исследования.....	49
10. Список используемых источников.....	50

## 1. Введение

Цифровая трансформация промышленности — это процесс внедрения цифровых технологий во все аспекты производственной деятельности с целью повышения эффективности, гибкости и конкурентоспособности. Одним из ключевых элементов этой трансформации является использование прикладного программного обеспечения для автоматизации подготовки производства (АПП). Оно играет важнейшую роль в создании интегрированных цифровых решений, которые охватывают весь жизненный цикл продукта: от разработки концепции до выпуска готового изделия.

Прикладное программное обеспечение позволяет автоматизировать процессы планирования и управления производственными операциями, помогает быстрее проектировать продукты, создавать техническую документацию, моделировать производственные процессы и оптимизировать их в рамках следующих систем:

- PLM-системы (англ. Product Lifecycle Management) - позволяют управлять данными о продукте на всех этапах его жизненного цикла;
- CAD-системы (англ. Computer-Aided Design) - ускоряют разработку чертежей и 3D-моделей;
- CAE-системы (англ. Computer-Aided Engineering) - решают различные инженерные задачи: расчёты, анализ и симуляция физических процессов;
- CAM-системы (англ. Computer-Aided Manufacturing) обеспечивают автоматическую генерацию управляющих программ для станков с числовым программным управлением (ЧПУ).

В текущем аналитическом отчете мы проведём подробный анализ САМ-систем, поскольку понимание процесса компьютеризированной подготовки производства и программно-вычислительных комплексов позволит добиться сокращения времени на подготовку производства, повысить точность и качество продукции, оптимизации использования ресурсов, гибкости и адаптивности производства, интеграции с другими системами.

**Актуальность темы отчета обусловлена следующими ключевыми факторами:**

– глобальная цифровизация промышленности. Это процесс перехода предприятия на автоматизированное цифровое производство, управляемое «умными» системами, а не человеческими усилиями. Данный процесс сводится к тому, чтобы перевести все данные в доступную цифровую среду, используя которую можно получать и оценивать информацию;

– повышение конкурентоспособности предприятий. В условиях глобальной конкуренции компании стремятся сократить время вывода продукции на рынок, минимизировать издержки и повысить качество изделий. Использование САМ-систем позволяет оптимизировать производственные процессы, что дает предприятиям конкурентное преимущество. Также программное обеспечение для автоматизированной подготовки производства помогает устранить ошибки, связанные с человеческим фактором, и обеспечивает высокую точность выполнения операций;

– рост спроса на персонализацию продукции. Современные потребители чаще требуют индивидуализированных решений и гибкости в производстве. САМ-системы позволяют быстро адаптировать производственные процессы под новые требования, что особенно важно для малых и средних партий продукции. Возможность быстрой переналадки оборудования и гибкость в планировании производства делают САМ-системы незаменимыми в условиях массовой кастомизации;

– экономия ресурсов и экологическая ответственность. Цифровые технологии, включая САМ-системы, способствуют более рациональному использованию материалов, энергии и других ресурсов. Это особенно важно в свете растущих требований к экологической устойчивости. Оптимизация процессов обработки и минимизация отходов при использовании САМ-систем позволяют предприятиям соответствовать международным стандартам экологической безопасности;

– кадровый вопрос и необходимость обучения. Внедрение САМ-систем требует подготовки высококвалифицированных специалистов, способных работать

с современным программным обеспечением и оборудованием. Это ставит вопросы о необходимости модернизации образовательных программ и повышения квалификации сотрудников;

– влияние санкционных ограничений и импортозамещения. В условиях экономических санкций и ограничений доступа к зарубежным технологиям становится актуальным развитие отечественных САМ-систем и программного обеспечения. Исследование данной темы может помочь выявить слабые места в текущем состоянии отечественной разработки САМ-решений и предложить меры по их устранению;

– технологические вызовы и перспективы. САМ-системы активно развиваются, интегрируясь с новыми технологиями, такими как аддитивное производство (3D-печать), роботизация и машинное обучение. Это открывает новые возможности для повышения эффективности производства, но также ставит перед предприятиями задачи по адаптации к новым условиям;

– экономический эффект от внедрения САМ-систем. Внедрение САМ-систем позволяет значительно сократить затраты на производство за счет оптимизации процессов, снижения времени простоя оборудования и минимизации брака. Исследование экономической эффективности таких решений является важным аспектом для принятия решений о внедрении данных технологий на предприятиях;

– международный опыт и сравнительный анализ. Изучение мирового опыта внедрения САМ-систем и их влияния на производственные показатели позволяет выявить лучшие практики и адаптировать их для использования в отечественной промышленности. Сравнительный анализ успешных кейсов может стать основой для разработки рекомендаций по внедрению подобных решений на предприятиях.

Таким образом, изучение САМ-систем крайне актуально и необходимо, поскольку данная тема охватывает ключевые аспекты современной промышленности. Внедрение САМ-систем становится не просто конкурентным преимуществом, но и необходимым условием для успешного функционирования предприятий в условиях цифровой экономики.

## 2. Предмет исследования

Под предметом исследования понимается роль и влияние САМ-систем на процессы цифровой трансформации в промышленности.

### Цель и задачи отчета

Цель аналитического отчета «Прикладное программное обеспечение автоматизированной подготовки производства (САМ-системы)» – оценка уровня готовности программного обеспечения автоматизированной подготовки производства к задачам промышленности.

Задачи аналитического отчета «Цифровая трансформация промышленности. Прикладное программное обеспечение автоматизированной подготовки производства (САМ-системы)»:

– выявление потребностей российской промышленности в определенном специализированном функционале программного обеспечения автоматизированной подготовки производства;

– выявление потребностей промышленности с учетом отраслевых особенностей для следующих отраслей:

- 1) топливно-энергетический комплекс;
- 2) металлургия;
- 3) машиностроение;
- 4) химическая промышленность;
- 5) промышленность строительных материалов;
- 6) лёгкая промышленность;
- 7) радиоэлектронная промышленность.

– оценка охвата потребностей промышленности функциональностью программного обеспечения автоматизированной подготовки производства;

– определение функций программного обеспечения автоматизированной подготовки производства, недостающих для удовлетворения текущих и перспективных потребностей промышленности;

– оценка уровня готовности отечественного программного обеспечения автоматизированной подготовки производства для разработки и производства различных видов отечественной продукции;

– определение приоритетных направлений развития функциональности программного обеспечения автоматизированной подготовки производства в целях разработки мер государственной поддержки.

### **Методика исследования**

Методика проведения аналитического исследования «Цифровая трансформация промышленности. Прикладное программное обеспечение автоматизированной подготовки производства (САМ-системы)»:

– сбор и анализ информации по разработке и применению программного обеспечения автоматизированной подготовки производства из открытых источников информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»;

– проведение интервью сотрудников российских компаний – ключевых разработчиков программного обеспечения автоматизированной подготовки производства;

– проведение интервью сотрудников российских компаний – ключевых потребителей программного обеспечения автоматизированной подготовки производства;

– анализ полученной информации, синтез, выводы, разработка рекомендаций.

### **3. Анализ зарубежного рынка САМ**

Автоматизированная подготовка производства — это комплекс мероприятий, направленных на оптимизацию процессов планирования, проектирования и управления производством с использованием современных технологий. Программное обеспечение для автоматизированной подготовки производства играет ключевую роль в повышении эффективности, снижении затрат и сокращении времени вывода продукции на рынок.

По данным аналитических компаний (например, MarketsandMarkets, Grand View Research), глобальный рынок программного обеспечения для автоматизированной подготовки производства оценивается в десятки миллиардов

долларов и демонстрирует среднегодовые темпы роста (CAGR) в диапазоне 7–10% в прогнозируемый период до 2030 года.

На рынке представлены как крупные международные компании, так и специализированные разработчики. Основные игроки включают:

– Autodesk (США). Autodesk предоставляет решения для проектирования и подготовки производства, особенно популярные в машиностроении и строительстве;

– PTC Inc. (США). Компания фокусируется на интеграции интернета вещей и дополненной реальности в производственные процессы;

– Siemens Digital Industries Software (США). Компания предлагает комплексные решения для автоматизации производственных процессов, а также для управления жизненным циклом продукции;

– Rockwell Automation, Inc. (США). Компания является поставщиком промышленной автоматизации и информационных продуктов;

– Dassault Systemes (Франция). Разработчик программного обеспечения для 3D-проектирования и управления жизненным циклом продукции (PLM), объединённого единой платформой 3DEXPERIENCE;

– AVEVA (Великобритания). AVEVA предоставляет решения для нефтегазовой, химической и энергетической отраслей;

– Hexagon AB (Швеция). Компания предлагает инструменты для точного проектирования и управления производством.

### **3.1 Региональный анализ зарубежного рынка САМ-систем**

Северная Америка:

- лидирует по внедрению передовых технологий;
- высокий спрос на решения для аэрокосмической, автомобильной и электронной промышленности.

Европа:

- фокус на экологическое производство и энергоэффективность.

Азиатско-Тихоокеанский регион:

- высокий спрос на недорогие, но эффективные решения.

Латинская Америка и Африка:

– меньшая зрелость рынка, но потенциал роста за счет модернизации производственных мощностей.

#### **Проблемы и ограничения рынка:**

– высокая стоимость внедрения. Многие решения требуют значительных инвестиций, что может быть проблемой для малых и средних предприятий;

– сложность интеграции. Современные системы часто требуют адаптации к существующим процессам и оборудованию;

– недостаток квалифицированных кадров. Необходимость обучения персонала для работы с новыми технологиями;

– кибербезопасность. Использование интернета вещей и облачных технологий увеличивает риск кибератак.

#### **Перспективы развития:**

– увеличение спроса на гибридные решения, сочетающие локальные и облачные технологии;

– рост популярности открытых платформ и стандартов для облегчения интеграции;

– расширение применения искусственного интеллекта и интернета вещей для создания полностью автономных производственных систем;

– общее машиностроение и двигателестроение.

### **3.2 Анализ китайского рынка программного обеспечения автоматизированной подготовки производства**

Китайский рынок программного обеспечения для автоматизированной подготовки производства является одним из самых динамичных и быстрорастущих сегментов мирового рынка промышленных технологий. Этот рынок охватывает широкий спектр решений, включая системы автоматизированного проектирования (CAD), системы управления производственными процессами (MES), системы планирования ресурсов предприятия (ERP), а также решения для цифровых двойников, интернета вещей (IoT) и искусственного интеллекта (AI).

**Ключевые факторы роста китайского рынка:**

– государственная поддержка и стратегия «Сделано в Китае 2025». Стратегическая инициатива «Сделано в Китае 2025» направлена на модернизацию промышленности страны за счет внедрения передовых технологий, таких как автоматизация, роботизация и цифровизация. Правительство активно поддерживает развитие отечественных технологических компаний и стимулирует использование отечественного программного обеспечения для повышения конкурентоспособности китайской промышленности;

– быстрая урбанизация и роботизация. Китай остается крупнейшим производителем в мире, что создает значительный спрос на программное обеспечение для оптимизации производственных процессов. Увеличение числа предприятий, занимающихся высокотехнологичным производством, требует внедрения современных решений для автоматизации;

– развитие технологии искусственного интеллекта и интернета вещей. Интернет вещей и искусственный интеллект становятся ключевыми драйверами роста рынка ПО для автоматизации. Эти технологии позволяют собирать данные с оборудования, анализировать их в реальном времени и оптимизировать производственные процессы;

– рост числа малых и средних предприятий. Малые и средние предприятия Китая начинают активно внедрять автоматизированные системы для повышения эффективности и снижения затрат. Это создает дополнительный спрос на доступные и масштабируемые решения.

**Локальные китайские компании:**

– ZWSOFT. Разработчик CAD/CAM-решений, который предлагает более доступные альтернативы западным продуктам;

– HuaTech. Локальный поставщик MES-систем, ориентированный на китайский рынок;

– Inspur Group. Один из крупнейших разработчиков ERP-систем в Китае;

– Alibaba Cloud. Предлагает облачные решения для автоматизации и аналитики данных.

**Тенденции развития китайского рынка:**

– переход к облачным решениям. Все больше компаний в Китае переходят на облачные платформы для управления производственными данными. Это позволяет снизить затраты на инфраструктуру и упростить масштабирование;

– использование больших данных и аналитики. Анализ больших данных становится важным инструментом для оптимизации производственных процессов. Китайские компании активно внедряют аналитические платформы для прогнозирования отказов оборудования и повышения качества продукции;

– рост интереса к цифровым двойникам. Цифровые двойники позволяют создавать виртуальные модели производственных процессов и оборудования, что помогает улучшить планирование и минимизировать простои;

– экологическая устойчивость. Растущее внимание к экологическим стандартам стимулирует внедрение энергоэффективных решений и технологий, снижающих углеродный след.

**Вызовы и ограничения китайского рынка:**

– зависимость от импортного ПО. Несмотря на усилия правительства по развитию отечественных технологий, многие китайские компании по-прежнему зависят от зарубежных решений, таких как Siemens или Dassault Systèmes;

– высокая стоимость внедрения. Для малых и средних предприятий внедрение сложных систем автоматизации может быть слишком дорогостоящим, что ограничивает их доступ к этим технологиям;

– нехватка квалифицированных кадров. Автоматизация требует специалистов, обладающих навыками работы с современными технологиями. Однако в Китае наблюдается дефицит таких специалистов;

– кибербезопасность. С увеличением использования облачных решений и IoT возрастает риск кибератак, что требует дополнительных инвестиций в защиту данных.

### **Перспективы развития китайского рынка:**

– усиление роли отечественных разработчиков. Правительство Китая продолжает стимулировать развитие местных технологических компаний, что может привести к снижению зависимости от зарубежных решений;

– расширение применения искусственного интеллекта и машинного обучения. Искусственный интеллект станет ключевым элементом автоматизации, позволяя создавать самообучающиеся системы для оптимизации производства;

– рост спроса на гибридные решения. Комбинирование облачных и локальных решений позволит компаниям гибко адаптироваться к изменяющимся условиям и требованиям;

– внедрение 5G-технологий. Развитие сетей 5G ускорит внедрение IoT-решений и повысит эффективность автоматизированных систем.

Китайский рынок программного обеспечения для автоматизированной подготовки производства демонстрирует значительный потенциал роста благодаря государственной поддержке, развитию технологий и высокому спросу со стороны промышленных предприятий. Однако для достижения полного потенциала необходимо решить такие проблемы, как зависимость от импортных решений, нехватка квалифицированных кадров и кибербезопасность. В ближайшие годы можно ожидать усиление роли отечественных разработчиков, расширение применения AI и IoT, а также переход к более гибким и масштабируемым решениям.

### **3.3 Анализ американского рынка программного обеспечения автоматизированной подготовки производства**

Программное обеспечение автоматизированной подготовки производства (CAM — Computer-Aided Manufacturing) играет ключевую роль в современном производственном секторе в США, где высокие стандарты качества и эффективности являются неотъемлемой частью промышленности. CAM-системы используются для преобразования цифровых моделей (CAD — Computer-Aided Design) в инструкции для станков с числовым программным управлением (CNC), роботов и других производственных систем. Основные направления использования CAM-программ:

- производство деталей для аэрокосмической и автомобильной промышленности;

- медицинское оборудование и протезирование;
- производство электроники и полупроводников;
- обработка металлов и композитных материалов.

#### **Ключевые факторы роста американского рынка:**

- государственная поддержка. Программы по развитию производства в США, такие как «Made in America», стимулируют внедрение современных технологий;

- внедрение облачных решений. Переход САМ-систем в облако позволяет компаниям снизить затраты на инфраструктуру и ускорить процессы;

- повышение квалификации персонала. Обучение сотрудников работе с САМ-системами становится важным направлением для компаний;

- глобальная конкуренция. Необходимость оставаться конкурентоспособными на мировом рынке заставляет компании инвестировать в автоматизацию.

#### **Вызовы и ограничения американского рынка:**

- высокая стоимость внедрения. Лицензии на САМ-программы и оборудование могут быть дорогими, особенно для малых и средних предприятий;

- сложность интеграции. Современные САМ-системы должны быть интегрированы с существующими САД-системами и производственным оборудованием, что может вызывать технические проблемы;

- нехватка квалифицированных кадров. Сложность освоения САМ-систем требует значительных инвестиций в обучение;

- активное использование облачных решений и интернета вещей увеличивает риск кибератак.

#### **Перспективы развития американского рынка.**

Согласно аналитическим исследованиям, рынок САМ-программного обеспечения в США будет продолжать расти в ближайшие годы. Основные драйверы этого роста:

- усиление автоматизации производственных процессов;

- расширение применения аддитивных технологий;
- развитие искусственного интеллекта и машинного обучения для оптимизации производства.

Американский рынок программного обеспечения автоматизированной подготовки производства находится на этапе активного роста. Он характеризуется высокой конкуренцией, внедрением инновационных технологий и значительными инвестициями в автоматизацию. Этот рынок представляет огромные возможности для инноваций и роста, что делает его привлекательным как для действующих игроков, так и для новых участников.

### **3.4 Анализ рынка Европейского Союза программного обеспечения автоматизированной подготовки производства**

В рамках Европейского Союза рынок САМ-решений развивается активно благодаря высокому уровню технологической зрелости, стратегическим инициативам по поддержке инноваций и стремлению к повышению производительности.

Европейский рынок занимает значительную долю (примерно 35–40%) в глобальном объеме, что обусловлено высокой концентрацией производственных предприятий, особенно в Германии, Франции, Италии, Дании, Норвегии и Швеции.

#### **Ключевые факторы роста рынка Европейского Союза:**

- введение строгих стандартов энергосбережения и стремление к местной переработке в Европе;
- динамичные потребности отрасли, требующие сложных операций и процессов, а также необходимость сокращения машинного времени, необходимого для конкретной операции;
- разработки в области искусственного интеллекта (ИИ) и робототехники, которые призваны помочь или даже полностью автоматизировать многие канцелярские задачи и задачи социального взаимодействия;
- рост использования сервисных роботов наряду с промышленными роботами на быстроразвивающемся рынке европейского региона.

**Ключевые страны Европейского Союза:**

- Германия. Лидирует по внедрению САМ-решений благодаря развитой автомобильной, авиационной и машиностроительной промышленности;
- Франция. Активно инвестирует в цифровизацию производства, особенно в аэрокосмической отрасли;
- Италия. Традиционно сильная база в сфере механообработки и производства оборудования;
- Дания, Норвегия и Швеция. Высокий уровень технологической оснащенности и экологических стандартов.

**Вызовы и ограничения:**

- высокая стоимость внедрения. Значительные затраты на покупку лицензий, обучение персонала и модернизацию оборудования;
- нехватка специалистов, способных работать с системами автоматизированной подготовки производства;
- конкуренция со стороны открытых решений. Развитие бесплатных или менее дорогих альтернатив (например, FreeCAD, Blender);
- культурные барьеры. Сопротивление изменениям на некоторых предприятиях, особенно в традиционных отраслях.

**Перспективы развития:**

- рост спроса на интегрированные решения. Увеличение популярности платформ, объединяющих в себе CAD, САМ и CAE-системы;
- расширение использования облачных технологий. Переход к SaaS-моделям (программное обеспечение как услуга) для снижения затрат и повышения доступности;
- развитие сотрудничества между странами Европейского Союза. Совместные проекты по стандартизации САМ-решений и созданию единого цифрового пространства;
- усиление роли малых и средних предприятий. Упрощение доступа к современным технологиям через государственные программы и партнерства с крупными разработчиками.

## **Вывод**

Зарубежный рынок программного обеспечения для автоматизированной подготовки производства характеризуется высокой динамикой, технологическими инновациями и растущим спросом. Ключевыми драйверами роста являются развитие облачных технологий, развитие искусственного интеллекта, введение стандартов в экологии, а также конкуренция на данном рынке. Однако для успешного внедрения необходимо учитывать региональные особенности, экономические ограничения и потребности конкретных отраслей.

### **4. Анализ российского рынка САМ-систем**

Российский рынок САМ-систем в последнее время демонстрирует устойчивый рост благодаря повышенному спросу со стороны промышленных предприятий, государственным инициативам по цифровизации и развитию импортозамещения. Значительная часть рынка сосредоточена в нескольких ключевых сегментах, таких как системы контроля и управления промышленными процессами, автоматизация бизнес-процессов и системы аналитики данных. Компании активно внедряют инновационные решения, в том числе основанные на искусственном интеллекте и машинном обучении, чтобы повысить эффективность и снизить затраты.

Тем не менее, рынок сталкивается с рядом вызовов, среди которых ограниченность импортных технологий, необходимость адаптации зарубежных решений под российские стандарты, а также угрозы кибербезопасности. Государственные меры по стимулированию внутреннего производства программного обеспечения создают дополнительные возможности для локальных разработчиков, что в свою очередь, способствует развитию отечественных решений и повышению их конкурентоспособности. В будущем ожидается увеличение инвестиций в развитие отечественного ПО для автоматического мониторинга, рост спроса на облачные решения и интеграцию систем с интернетом вещей (IoT). Это открывает новые перспективы для компаний, специализирующихся на разработке и внедрении таких технологий в российских условиях.

Благодаря реализации мер государственной поддержки к концу 2023 года доля отечественных продуктов на рынке ППО САПР целом в России достигла 90%

в денежном выражении. Большинство отечественных продуктов поддерживают 100% совместимость с западными аналогами: формат файлов чертежей, наборы команд, интерфейс пользователя и программный интерфейс для разработки приложений.

В целом, на развитие российского рынка линейки продуктов CAD/CAM/PLM оказывают влияние следующие факторы.

1. Уход западных компаний, ускорение процессов импортозамещения индустриального ПО (санкции против Siemens NX, Dassault DELMIA, Autodesk).

2. Значительный рост роли государства в развитии ИТ-рынка, перевод госзаказчиков на российские САМ-системы.

3. Господдержка импортозамещения - реализация крупных программ государственной поддержки развития и внедрения перспективного индустриального программного обеспечения (DT/CDT, цифровое проектирование, CAD/CAM/CAE/CAO/НРС).

4. Акцент на вопросы обеспечения информационной безопасности.

5. Быстрая цифровая трансформация всех отраслей экономики.

6. Развитие функционала российских САМ-систем: улучшение поддержки 5-осевой обработки (ADEM, T-FLEX CAM), специализация по станкам с ЧПУ российского производства (СТАН, НЦФ);

7. Интеграция САМ-систем с САД-системами (КОМПАС, T-FLEX) и ERP/PLM-системами.

8. Развитие облачных САМ-решений.

Российский рынок САМ-систем значительно меньше глобального, но в 2022–2024 гг. он демонстрирует рост за счет программ импортозамещения и ухода западных разработчиков (Siemens, Dassault, Autodesk).

Оценка выручки российских САМ-разработчиков (2022–2024 гг., млн руб.)

Компания / Продукт	2022 г.	2023 г.	2024 г.	Примечания
ГК ADEM (ADEM)	200–300	300–400	400–500	Лидер в РФ, CAD/CAM/ERP
Топ Системы (T-FLEX CAM)	150–250	250–350	350–450	Интеграция с T-FLEX CAD

Компания / Продукт	2022 г.	2023 г.	2024 г.	Примечания
Аскон (КОМПАС-3D САМ)	100–200	150–250	200–300	САМ-модуль в составе САПР
Другие российские производители САМ-систем	50–100	100–150	150–200	Нишевые решения
<b>Итого по рынку РФ:</b>	500–850	800–1150	1100–1450	

По прогнозам развития рынка САМ-систем на 2025–2030 г.г. может достигнуть до 2–3 млрд руб. за счет развития отраслевых специализаций САМ-систем, совершенствования функционала и специализаций для станков с ЧПУ российского производства, а также за счет развития САМ-решений на базе искусственного интеллекта.

#### 4.1 Ключевые российские производители САМ-систем

Ключевые российские производители САМ-систем включают в себя несколько компаний, которые активно развиваются в данной сфере и предлагают решения как для промышленности, так и для транспортных систем. К наиболее заметным относятся:

**Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом» и ФГУП «Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики».**

**Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики** (далее – ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ») — крупнейший в стране научно-исследовательский институт, решающий сложные задачи оборонного, научного и народнохозяйственного значений.

В целях реализации государственной программы «Развитие ОПК» ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» приступил к реализации проекта создания отечественной импортонезависимой системы полного жизненного цикла в защищенном исполнении (СПЖЦ «Цифровое предприятие») (<https://xn--b1aecabnea2cbmcffd7av8a5o.xn--plai/>). Проект реализуется по заказу Министерства промышленности и торговли Российской Федерации.

В состав СПЖЦ «Цифровое предприятие» входит программный модуль «Система разработки управляющих программ ЧПУ» (САМ) - импортонезависимое программное обеспечение, предназначенное для разработки управляющих программ для оборудования с программным управлением, создания, адаптации и модернизации постпроцессоров для подготовки файлов управляющих программ в формате систем управления конкретного оборудования, а также для верификации управляющих программ для технологического оборудования с ЧПУ и эмуляции процесса обработки с учетом технологического оснащения и кинематической схемы оборудования.

**АО «АСКОН» с широкой линейкой продуктов:** <https://ascon.ru>.

АО «АСКОН» развивает продукты семейств Компас, Лоцман, САД и САМ приложений, ядра геометрического моделирования С3D, продукты для управления инженерными данными и нормативно-справочной информацией в машиностроении, технологической подготовки производства, управления качеством, планирования и управления производством: КОМПАС-3D, Вертикаль, справочники Стандартные Изделия, Материалы и Сортаменты, Гольфстрим, QiBox и другие.

Целевые отрасли – машиностроение, приборостроение, оборонно-промышленный комплекс.

Особенности:

- платформа автоматизации производства САМ/САPP;
- интегрированный модуль в САД-систему КОМПАС-3D;
- платформа САПР: САД 2D/3D, САЕ, ЕСАД;
- платформа управления жизненным циклом промышленной продукции на основе данных PLM/PDM/MDM;
- полное соответствие российским технологическим стандартам производства и документации (ЕСКД).

**АО «ТОП СИСТЕМЫ» с платформой T-FLEX PLM (САД + VR, САМ, MDM, PM/PPM, RM, TDM, PDM, САЕ, САPP, ERP):** <https://www.tflex.ru>.

Программные продукты комплекса T-FLEX PLM используются в различных отраслях: общем и специальном машиностроении и приборостроении, нефтехимии

и добывающей промышленности, в аэрокосмической, автомобильной и судостроительной отраслях, а также в проектно-строительных организациях (более 4500 внедрений на российских и зарубежных предприятиях).

Целевые отрасли – ОПК, машиностроение, приборостроение, авиастроение, ракетно-космическая отрасль.

Особенности:

- полноценная параметрическая CAD/CAM система;
- программы для станков с ЧПУ 2D/3D;
- поддержка многоосевой обработки (до 5 осей);
- САПР Т: CAD 2D+;
- интегрированная PLM/PDM-платформа;
- управление требованиями (в т.ч. на основе машинного обучения, ML);
- расчётные системы (анализ, динамика, зубчатые передачи, пружины);
- прикладные программы (печатные платы, раскрой, электротехника, VR).

### **ООО «ЛЕДАС» (CAD, CAM/MRP, BIM/AEC, 3D)**

10 направлений и разработка инженерного программного обеспечения на заказ:

<https://ledas.com/ru/>.

Особенности:

1. Технологическая подготовка производства (CAM/CAPP) и планирование потребностей в материалах (MRP/MLM):

- комплексное CAD/CAM/ERP программное обеспечение для листового металла и композитов;
- универсальное настраиваемое программное обеспечение для лазерной резки, сварки и 3D-печати.

2. 3D-моделирование: геометрические решатели 2D/3D, библиотеки, ядра, готовые модели и компоненты;

3. CAD решения для автоматизированного проектирования;

4. LEDAS Cloud Platform – платформа облачных решений для 3D-моделирования с возможностью одновременной работы в корпоративном или публичном (частном) облаке.

**ООО «АДЕМ-ИНЖИНИРИНГ», программное обеспечение АДЕМ**

Российская CAD/CAM/CAPP/PDM платформа автоматизации проектной конструкторско-технологической подготовки производства и управления инженерными данными <https://adem.ru>.

Целевые отрасли – ОПК, машиностроение, автоматизированное производство (станки с ЧПУ).

Особенности:

– интегрированная CAD/CAM/CAPP/PDM платформа (полный цикл), развиваемая с 1980-х годов;

– полное соответствие российским технологическим стандартам производства и документации в соответствии с единой системой конструкторской документации.

**ООО «СПРУТ-Технология», программное обеспечение СПРУТКАМ**  
это российская интегрированная САМ/САЕ/САРР/МЕС-платформа: <https://csprut.ru>.

Целевая отрасль – машиностроение.

Особенности:

– автоматизированная подготовка управляющих программ для станков с ЧПУ и роботов (САМ);

– автоматизированное проектирование и нормирование технологических процессов (САРР);

– расчет асинхронных электродвигателей (САЕ);

– автоматизированное оперативно-календарное планирование и диспетчеризации производства (МЕС).

#### **4.2 Ключевые потребители САМ-систем**

Ключевые потребители программного обеспечения САМ-систем в России включают различные отрасли и организации, которые используют данные системы для повышения эффективности своих процессов. Основные потребители включают:

1. Производственные предприятия. При использовании систем автоматизированного монтажа для сборки, настройки и тестирования продукции, таких как автомобили, электроника, машиностроение и другие отрасли, требующие высокой точности и скорости сборочных операций.

2. Энергетические компании. Для автоматизации ремонтных и монтажных работ на электросетях, подключений и обслуживания оборудования, что обеспечивает безопасность и оперативность операций.

3. Строительные компании и инфраструктурные организации. В применениях для автоматизации монтажных процессов строительных конструкций, инженерных систем и инфраструктурных объектов, улучшая качество и сроки выполнения работ.

4. Логистические и складские центры: для автоматизации погрузочно-разгрузочных и сборочных операций, что значительно ускоряет обработку грузов и повышает точность выполнения задач.

5. Образовательные и научные учреждения: для обучения специалистов и проведения исследований в области автоматизации и робототехники, а также разработки новых решений.

6. Государственные инженерные и технические службы, использующие системы автоматизированного монтажа для обслуживания государственной инфраструктуры и реализации крупных инфраструктурных проектов.

Наиболее крупными потребителями САМ-систем являются:

– **Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом»:** АО «Концерн Росэнергоатом»; АО «ТВЭЛ».

– **Государственная корпорация «Ростех»:** АО «Роствертол», АО Научно-производственная корпорация «Уралвагонзавод» имени Ф.Э. Дзержинского», АО Концерн «Калашников», АО «Силовые машины».

– **Государственная корпорация по космической деятельности «Роскосмос»:** ПАО РКК «Энергия», АО НПО «Энергомаш», АО «ЦНИИмаш».

– **Объединённая авиастроительная корпорация (ОАК):** АО «Компания «Сухой», ООО «ОАК – РЕСУРС», АО «Туполев».

– **Объединённая судостроительная корпорация (ОСК):** АО «Производственное объединение «Северное машиностроительное предприятие», АО «Центр судоремонта «Звездочка», АО «СПО «Арктика», АО «КБ «Рубин-Север».

– **Объединённая двигателестроительная корпорация (ОДК):**

ПАО «ОДК-Сатурн», ПАО «ОДК-УМПО»; АО «ОДК-Пермские моторы»;

– **«Вертолёты России»:** «Национальный центр вертолетостроения имени М.Л. Миля и Н.И. Камова», АО «Улан-Удэнский авиационный завод», ПАО «Казанские вертолётный завод»;

– ПАО «Северсталь»;

– ПАО «Сибур Холдинг»;

– **Газпром:** ПАО «Газпром нефть», ООО «Газпром бурение»;

– **Роснефть:** ООО «РН-Бурение»; ООО «ТННЦ»;

– **Автомобилестроение:** АО «АвтоВАЗ», ПАО «КАМАЗ», Горьковский автомобильный завод, АО «Автомобильный завод «Урал»»; ПАО «Уралмашзавод»;

– **Железнодорожная техника:** АО «Трансмашхолдинг» (ОАО «Тверской вагоностроительный завод», производственная компания «Новочеркасский электровозостроительный завод»).

Развитие российских САМ-систем необходимо рассматривать во взаимосвязи с производством российских станков с ЧПУ и интеграцией со станками зарубежного производства (прежде всего Haas и DMG Mori).

Российские производители станков с ЧПУ:

Наименование предприятия	Производимые ЧПУ
Группа «СТАН»: ООО «СТАНКОМАШСТРОЙ», ООО «СТАНКОГРАД»	ЧПУ для токарных, фрезерных и многоцелевых станков
АО «НПО «Андроидная техника»	ЧПУ для промышленных роботов и автоматизированных систем
ООО «САРМАТ»	ЧПУ для металлообрабатывающих станков
АО «Станкопром»	ЧПУ для станков с ЧПУ и автоматизированных линий
АО «Астра»	ЧПУ для специализированных станков и робототехники
ООО «НПО «Станкостроение»	ЧПУ для управления станками
АО «Лазерные системы»	ЧПУ для лазерных режущих и гравировальных станков
ООО «ЗАО «ТехноЛазер»	ЧПУ для лазерного оборудования
ООО «Русские станки»	ЧПУ для токарных и фрезерных станков
ООО «НПК «Механика»	ЧПУ для станков с ЧПУ и автоматизированных систем
АО «ОКБ «Электроавтоматика»	ЧПУ для промышленной автоматизации
ЗАО «НИИП»	ЧПУ для научных и промышленных применений
ООО «ЛСП СИСТЕМЫ»	ЧПУ для управления станками и роботизированными комплексами

### Вывод

Российский рынок САМ-систем имеет ряд особенностей, обусловленных как глобальными трендами, так и локальными факторами, включая санкционное давление, импортозамещение и специфику промышленного сектора.

Долгое время доминировали зарубежные САМ-системы: Siemens NX, Autodesk PowerMill, Dassault Systèmes DELMIA, PTC Creo, Mastercam.

Российские предприятия (особенно в авиационной, космической и оборонной отраслях) активно использовали импортные решения до 2022 года.

Потребности в САМ-решениях определяются отраслевой спецификой. Требуются решения, способные обеспечивать высокоточную многоосевую

обработку, высокоскоростную обработку, поддержку обработки сложных материалов (титановые сплавы, композиты).

По состоянию на 2024 год, доля российских САМ-решений в промышленности на превышает 30%.

Среди общих проблем рынка САМ-систем можно выделить следующие аспекты:

- нехватка сложных решений для 5-осевой обработки, высокоскоростной обработки, обработки сложных материалов;
- нехватка специализированных решений сквозной автоматизации производства: CAD - САМ – автоматизированные производственные линии с интегрированными станками с ЧПУ;
- слабая специализация САМ-решений для станков российского производства;
- дефицит кадров – как в специалистах по разработке ПО, так и в инженерных кадрах на производстве.

## **5. Сравнительный анализ российских и зарубежных САМ-систем**

Сравнительный анализ российских и зарубежных САМ-систем показывает ряд ключевых различий и сходств. Основные направления сравнения.

1. Технологический уровень и инновации: зарубежные системы обычно используют передовые технологии, такие как машинное обучение, большие данные и облачные вычисления, что позволяет добиться высокой точности и адаптивности. Российские системы в свою очередь больше ориентированы на применение классических методов автоматизации, хотя последние годы наблюдается рост внедрения инновационных решений.

2. Стоимость и доступность: зарубежные САМ зачастую обладают высокой стоимостью из-за использования передовых технологий и лицензирования, что ограничивает их широкое распространение. Российские системы, как правило, дешевле, что делает их более доступными для внутреннего рынка и государственных структур.

3. Национальные особенности и стандартизация: российские системы чаще разрабатываются с учетом национальных стандартов и требований безопасности,

а также особенностей российской инфраструктуры. Зарубежные аналоги могут быть более универсальными, но иногда требуют адаптации под конкретные условия эксплуатации.

4. Поддержка и развитие: зарубежные системы обычно имеют более развитую инфраструктуру поддержки, регулярные обновления и крупные исследовательские центры. Российские разработки нередко ограничены ресурсами и требуют государственной поддержки для расширения и модернизации.

5. Безопасность и защита данных: российские системы нередко проектируются с учетом особых требований к безопасности, что делает их предпочтительными для критической инфраструктуры. Зарубежные системы могут иметь более развитые механизмы защиты, однако требуют дополнительных мер для соответствия российским стандартам.

Результаты подробного сравнительного анализа функций иностранного и российского ПО САМ приведены в монографии «Функциональные характеристики отечественных систем управления оборудованием с числовым программным управлением (САМ-систем). Экспертно-аналитический доклад (по состоянию на март 2024 года)» Санкт-Петербургского политехнического университет Петра Великого.

Для сравнения функциональных характеристик, возможностей отечественных и зарубежных САМ-систем был использован следующий классификатор, состоящий из 338 характеристик САМ-систем.

№	Категория	Число требований к функциональным возможностям (число характеристик)
<b>1</b>	<b>Блок 1: Общие возможности систем</b>	49
(1)	Интеграция с внешними системами	7
(2)	Эксплуатация системы	6
(3)	Внедрение и сопровождение системы вендором или дистрибьютерами	5
(4)	Интерфейс	7
(5)	Общие возможности системы	24

<b>2</b>	<b>Блок 2: Подготовка геометрической модели</b>	37
(6)	Импорт элементов детали	6
(7)	3D-моделирование для обработки	4
(8)	Редактирование моделей	13
(9)	Экспорт элементов детали	14
<b>3</b>	<b>Блок 3: Стратегии программного управления</b>	28
(10)	Задание инструмента станка (рабочего центра)	7
(11)	Настройка управляющих программ	5
(12)	ЧПУ-переход	12
(13)	Управление перемещением станка	4
<b>4</b>	<b>Блок 4: Стратегии обработки деталей</b>	17
(14)	Черновая обработка	3
(15)	Заготовка	5
(16)	Автоматическое назначение угла раstra	2
(17)	Чистовая обработка	7
<b>5</b>	<b>Блок 4.1: Обработка на фрезерных станках (фрезерная обработка)</b>	99
(18)	2D обработка детали	25
(19)	2.5D обработка детали	5
(20)	3D обработка детали (3-х координатная обработка)	18
(21)	Многоосевое программирование (4-х и 5-ти координатная обработка)	21
(22)	Высокоскоростная обработка (HSM)	18
(23)	Общие возможности фрезерной обработки детали	12
<b>6</b>	<b>Блок 4.2: Обработка на токарных станках (токарная обработка)</b>	12
(24)	Токарная обработка детали	12
<b>7</b>	<b>Блок 4.3: Обработка на токарно-фрезерных обрабатывающих центрах</b>	5
(25)	Токарно-фрезерная обработка детали	5
<b>8</b>	<b>Блок 4.4: Обработка на вырезных станках</b>	11
(26)	Вырезная обработка детали	11
<b>9</b>	<b>Блок 4.5: Обработка на электроэрозионных станках</b>	5

(27)	Электроэрозионная обработка детали	5
<b>10</b>	<b>Блок 4.6: Сварочная обработка</b>	3
(28)	Сварочная обработка	3
<b>11</b>	<b>Блок 4.7: Многозадачная обработка</b>	3
(29)	Многозадачная обработка	3
<b>12</b>	<b>Блок 4.8: Аддитивная обработка</b>	4
(30)	Аддитивная обработка	4
<b>13</b>	<b>Блок 4.9: Обработка дисковым инструментом</b>	5
(31)	Дисковая обработка детали	5
<b>14</b>	<b>Блок 4.10: Дополнительные элементы обработки</b>	4
(32)	Дополнительные элементы	4
<b>15</b>	<b>Блок 4.11: Имитация обработки на станке</b>	9
(33)	Имитация обработки на станке (проверка проекта обработки)	9
<b>16</b>	<b>Блок 5: Моделирование обработки</b>	10
(34)	Моделирование обработки детали	10
<b>17</b>	<b>Блок 6: Аддитивное производство</b>	16
(35)	Аддитивное производство	16
<b>18</b>	<b>Блок 7: Специализированные подключаемые модули (надстройки)</b>	21
(36)	Специализированные надстройки	9
(37)	Прочие функциональные возможности	12
Итого по блокам 1-18		338

**По результату анализа вышеуказанных данных можно обозначить следующий перечень ключевых аспектов:**

1. российская промышленность по-прежнему в основном использует импортные системы автоматизированного проектирования;
2. отсутствие четких стратегии по замещению зарубежных САМ-систем при массовом производстве на коммерческих предприятиях;
3. потребности в комплексном импортозамещении ПО и оборудования сосредоточены в стратегических отраслях промышленности и определяются позицией государства и мерами государственной поддержки;

4. развитие функциональных возможностей российских САМ-систем должно быть ориентировано на обеспечение производства сложной высокотехнологичной продукции с учетом особенностей стратегических отраслей;

5. в области функциональных возможностей российские САМ-системы значительно отстают от ведущих западных решений (например, Siemens NX САМ, Autodesk PowerMill, HyperMill), особенно в сферах пятиосевой и высокоскоростной обработки (HSM).

До 2022 года самой востребованной САМ-системой в России была Siemens NX, которая представляет собой комплексное решение для создания цифровых моделей изделий и управления инженерными данными, обеспечивающее интеграцию процессов проектирования, анализа и производства.

В рамках проекта «Новое индустриальное программное обеспечение» предусматривается создание аналогов решений Siemens NX на базе решений разработчика инженерного ПО и интегратора в сфере автоматизации «Аскон».

Далее предлагаем сравнить Siemens NX с отечественными САМ-системами (Аскон, T-FLEX и ADEM).

Siemens NX это мощное программное обеспечение для автоматизированного проектирования, инженерных разработок и производства (CAD/CAM/CAE), которое широко используется в промышленности для создания высокоточных моделей и прототипов.

Аскон (Altium Designer) в основном применяется в области разработки электроники, схемотехники и печатных плат. Он предлагает мощные инструменты для проектирования электроники, трассировки печатных плат и анализа схем. Аскон славится удобством интерфейса, интуитивностью и широкими возможностями для создания документации.

Аскон	Siemens NX
Программное обеспечение для инженерного анализа, моделирования оптимизации, преимущественно для нефтегазовой, энергетической и химической промышленности.	Siemens NX является более универсальным решением, предназначенным для промышленных задач, включая механическое и инженерное проектирование,

<p>Аскон ориентирован на инженеров-электронщиков.</p> <p>Интегрируется с системами управления процессами и автоматизации производств</p>	<p>симуляцию и производство изделий. Siemens NX предоставляет более сложные и мощные инструменты для 3D моделирования.</p> <p>Siemens NX ориентирован на мультидисциплинарных специалистов и инженеров-механиков.</p> <p>Интегрируется с другими CAD/CAM-решениями Siemens и поддерживает обмен файлами с различными промышленными стандартами.</p>
--	---

Аскон больше фокусируется на моделировании процессов и аналитике для химической и энергетической промышленности, тогда как Siemens NX ориентирован на комплексное проектирование изделий и производственные процессы в машиностроении.

T-FLEX CAM — это специализированное решение для автоматизации обработки металлов и подготовки программ для станков с числовым программным управлением (ЧПУ). Он хорошо подходит для небольших и средних производств, где требуется быстрая настройка и простота использования.

<b>T-FLEX CAM</b>	<b>Siemens NX</b>
<p>Это система CAM, которая интегрирована в CAD-среду T-FLEX CAD. Основные преимущества: Интеграция с CAD, что обеспечивает быстрый обмен данными и упрощает настройку.</p> <p>Меньшая стоимость по сравнению с крупными системами CAD/CAM. Быстрый старт и простота освоения для пользователей, знакомых с T-FLEX CAD.</p>	<p>Более мощная и комплексная система CAD/CAM/CAE, предоставляющая обширные возможности: Высокий уровень автоматизации и настройки производственных процессов. Поддержка сложного моделирования и анализа. Продвинутое функции для обработки сложных геометрических форм и многослойных деталей.</p> <p>Интеграция с другими промышленными системами предприятия.</p> <p>Высокая стоимость и сложность освоения, что делает её более</p>

Хорошо подходит для небольших и средних предприятий, которые используют T-FLEX CAD.	подходящей для крупных предприятий и тех, кто нуждается в полном спектре возможностей.
---	--

Итог: T-FLEX CAM подходит для небольших и средних производств, ищущих простое и недорогое решение для обработки стандартных задач, тогда как Siemens NX — для крупных компаний, которым необходимы расширенные возможности автоматизации, сложного проектирования и анализа.

ADEM (Automated Dynamic Engineering Method) — это система, предназначенная для автоматизации инженерных расчетов и анализа динамических систем. Она широко применяется в задачах моделирования поведения механических систем, анализа исходных данных и построения моделей для оценки динамических характеристик. ADEM обычно используется инженерами, занимающимися динамическим анализом и оптимизацией устройств и систем.

<b>ADEM</b>	<b>Siemens NX</b>
ADEM больше ориентирована на управление данными и автоматизацию рабочих процессов, выступает как централизованная система для хранения и управления проектной документацией.	Siemens NX больше ориентирован на создание, моделирование и анализ инженерных решений. Также Siemens NX является более комплексным инструментом для проектирования и инженерных расчетов.

В рамках аналитического исследования был проведен сравнительный функциональный анализ российских производителей (ООО «Крона», ООО «Спрут-Технология», АО «Топ Системы»). Результаты приведены в приложении к настоящему аналитическому отчету.

Вывод: Сравнение российского и зарубежного ПО САМ можно провести по нескольким важным аспектам: функциональные возможности, уровень интеграции, поддержка и обслуживание, стоимость, а также соответствие национальным требованиям по безопасности и нормативам.

С учетом отраслевых особенностей российской промышленности и особенностей производства сложных высокоточных изделий, акцент в развитии российских САМ-решений должен быть сделан на следующих характеристиках.

**Функциональные характеристики:**

- 5-осевая обработка;
- высокоскоростная обработка (HSM).

**Характеристики отраслевой специализации:**

– разработка специализированных версий САМ-решений (специальных стратегий) для отраслей промышленности: машиностроение, двигателестроение, автомобилестроение, судостроение, авиастроение, железнодорожный транспорт, ракетно-космическая отрасль;

– разработка станков с ЧПУ российского производства под потребности профильных отраслей промышленности;

– интеграция российских САМ-систем с российскими станками с ЧПУ в соответствие с отраслевой специализацией.

**Интеграционные характеристики:**

– интеграция CAD/CAE/CAM/PLM решений в единую платформу для проектирования (CAD), инженерного анализа (CAE), производства (CAM) и управления жизненным циклом производства продукции (PLM).

**6. Анализ потребностей отраслевых предприятий**

В целях сбора информации о потребности в адрес промышленных предприятий и разработчиков САМ систем (ПАО «Транснефть», АО «Концерн ВКО «Алмаз-Антей», ГК «Росатом», АО «МЗ «Салафир», ПАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА», ООО «СПРУТ-ТЕХНОЛОГИЯ», АО «ТОП СИСТЕМЫ», АО «НАУЧНЫЕ ПРИБОРЫ» и других) были направлены запросы с перечнем следующих вопросов:

1. Для каких технологических процессов в настоящее время используется специальное программное обеспечение класса САМ?

2. Программное обеспечение каких компаний-разработчиков используется (российских, иностранных, с указанием компании-разработчика)?

3. Требуется ли импортозамещение иностранного программного обеспечения на российское, для каких технологических процессов, в течение какого периода времени?

4. Планируется ли модернизация действующих технологических процессов или внедрение новых производственных линий с использованием ПО САМ?

5. Используются ли на предприятии станки с ЧПУ российского производства, для которых используется российское ПО САМ?

6. Какие функции ПО САМ наиболее востребованы на производстве?

7. Развитие (наличие) какого функционала ПО САМ требуется для нужд текущего производства, и с учетом модернизации (расширения) действующих технологических процессов в среднесрочной перспективе (например: функции 5-осевой обработки, функции обработки материалов на высоких скоростях резания с использованием специальных стратегий (англ. High-Speed Machining, HSM) и т.п.)?

8. Предложения в части принятия управленческих решений в рамках государственного регулирования, которые могли бы поспособствовать развитию технологий САМ в Российской Федерации?

По результатам полученной информации можно сделать вывод, что на предприятиях применяется как российское ПО, так и зарубежное. Наиболее востребованное российское ПО следующих производителей: ООО «СПРУТ-ТЕХНОЛОГИЯ», ООО «НИП-Информатика», ООО «Крона», АО «ТОП СИСТЕМЫ», зарубежное ПО представлено следующими производителями: Siemens, COMCO, Fanuc, IGMS, Delcam, SolidCaM Ltd, Intelligent Manufacturing Software и другие.

Ряд предприятий отметили необходимость импортозамещения установленного ранее иностранного ПО. В этой связи требуется функциональная доработка отечественного ПО до уровня зарубежных аналогов, например, некоторым предприятиям ГК «Ростатом» требуется доработка ПО до уровня NX САМ (многоосевая обработка) и VeriCut (имитационное моделирование обработки резания на основе G-кода). ПАО «Транснефть» отметило необходимость русификации ПО, в том числе при поставках из дружественных стран.

Также предприятиями отмечается необходимость перехода на стек технологий операционных систем на импортнезависимых компонентах, входящих в состав Реестра российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных, Реестра программ для ЭВМ и БД государств - членов Евразийского экономического союза.

По результатам полученных ответов, 12,5 % предприятий используют ЧПУ только иностранного производства, для которых не применяется российское ПО САМ. Отмечается необходимость модернизации действующих технологических процессов или внедрение новых производственных линий с использованием ПО САМ на всех производствах.

Наиболее востребованными функциями ПО на производстве являются:

- интерполяция вектора при многоосевой обработке;
- твердодетальное 3D-моделирование, поверхностное 3D-моделирование;
- создание чертежей и эскизов;
- моделирование процессов горячей объёмной штамповки;
- разработка и проверка управляющих программ для 2-х, 3-х, 4-х и 5-ти координатной механической обработки на токарное и фрезерное оборудование с ЧПУ;
- раскройка листового материала (общий рез, автонестинг (раскладка) деталей);
- учет оставшегося материала заготовки;
- интерполяция вектора при многоосевой обработке.

По мнению представителей промышленности требуется развитие функционала российских САМ-систем в следующих направлениях:

- развитие средств трансляции (конвертации) в сторону САД-форматов (с сохранением дерева построения изделия);
- в части проверки и оптимизации управляющих программ;
- высокоскоростной и высокоэффективной токарной и фрезерной обработки;
- подбор параметров обработки с учетом PMI;

- расчета траекторий движения режущего инструмента с учетом заготовки в процессе обработки;

- специализированные 5-осевые стратегии фрезерной обработки (например: черновые и чистовые стратегии);

- обработки лопаток, моноколес, импеллеров;

- стратегии электроэрозионной обработки (2-, 4-осевые проволочно-вырезные, 2-, 3-, 5-осевые копировально-прошивные);

- редактор управляющих программ;

- раскрой листового материала;

- развитие роботизированной сварки, наличие систем распознавания поверхности;

- автоматическая фиксация заготовки (детали);

- имитационное моделирование обработки резания решений на основе G-кода.

В составе программных комплексов необходимо наличие компонентов (модулей), предназначенных для:

- верификации управляющих программ;

- разработки управляющих программ для оборудования, реализующего аддитивные технологии (пластики, полимеры, металлы);

- программирования координатно-измерительных машин;

- программирования роботизированного оборудования;

- программирования гибких автоматизированных линий;

- раскроя и автоматизированной выкладки изделий из композиционных материалов;

- выполнения комплексных анализов (нагрузка на компоненты технологической системы, износ инструмента и т.д.).

Вывод: в рамках аналитического отчета обозначены направления развития функционала российских САМ-систем с учетом потребностей промышленных предприятий, а также наиболее востребованные на сегодняшний день функции

ПО САМ. С учетом изложенного существует потребность в импортозамещении зарубежных САМ-систем по мере развития отечественных аналогов.

### **7. Государственная поддержка**

Государственная поддержка включает следующие направления: финансирование научных исследований и разработок, создание инфраструктуры для внедрения инновационных технологий, а также предоставление налоговых льгот и субсидий. В рамках государственной стратегии развития цифровой экономики особое внимание уделяется стимулированию внедрения систем автоматизации для повышения эффективности производственных процессов и конкурентоспособности российских предприятий.

В рамках стратегии цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности, утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 7 ноября 2023 г. № 3113-р «Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности», реализуется 5 ключевых экосистемных проектов, одним из которых является межотраслевой проект «Формирование эффективной инфраструктуры и системы поддержки внедрения отечественного программного обеспечения и программно-аппаратных комплексов» (далее – проект «Умное производство»).

Реализация межотраслевого проекта «Умное производство» предусматривает комплексное решение задач по интенсивной разработке и внедрении российского инженерного программного обеспечения и цифровых платформ по ключевым классам (CAD/CAE/CAM/PLM/MES/PDM/MDM и др.).

По итогам реализации стратегии, включающей выполнение указанных проектов, осуществление комплексной государственной поддержки цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности, ожидаются следующие результаты:

– на 45% сокращено время вынужденного простоя производственных мощностей промышленных предприятий;

- на 30% снижены сроки окупаемости инвестиций в промышленные предприятия;
- в 2 раза повышена эффективность работы оборудования (ОЕЕ) на промышленных предприятиях;
- переведены в машиночитаемый формат национальные стандарты с возможностью использования в системах цифрового проектирования;
- в 1,5 раза сокращены сроки вывода высокотехнологичной продукции на рынок за счет признания результатов виртуальных испытаний;
- в 2 раза снижены затраты промышленных предприятий на разработку и вывод продукции на рынок за счет использования технологий цифрового моделирования и виртуальных испытаний;
- на 40% сокращены затраты на обслуживание высокотехнологичной продукции за счет перехода от «ремонта по регламенту» к «ремонту по состоянию» и использования технологии предиктивной аналитики;
- на 50% обеспечен рост количества высокотехнологичных рабочих мест промышленных предприятий, использующих цифровые технологии.

Для снижения зависимости обрабатывающих отраслей промышленности от иностранных средств производства, в том числе промышленной робототехники, продукции аддитивного производства, инженерного программного обеспечения, реализуются мероприятия в рамках государственной программы Российской Федерации «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности», утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2014 г. № 328 Министерством промышленности и торговли Российской Федерации.

### **7.1 Индустриальные центры компетенций**

Индустриальные центры компетенций (ИЦК) созданы в 2022 году по итогам конференции «Цифровая индустрия промышленной России» по поручению Председателя Правительства Российской Федерации М.В. Мишустина. Деятельность ИЦК ориентирована на обеспечение ускоренного замещения

зарубежных аналогов российскими отраслевыми цифровыми решениями в отраслях экономики и достижение технологичного суверенитета Российской Федерации.

Проекты ИЦК направлены на разработку и внедрение российских цифровых продуктов и решений, необходимых для замещения используемых зарубежных продуктов.

Индустриальные центры компетенций, построенные по принципу консорциумов, объединяют отечественные компании: разработчиков, производителей и заказчиков цифровых продуктов для важнейших отраслей экономики. Центры курируют выполнение проектов импортозамещения промышленного (отраслевого) программного обеспечения, программно-аппаратных комплексов, а также системного и прикладного ПО.

Индустриальные центры компетенций (далее – ИЦК) помогают отечественным компаниям внедрять новые технологии через следующие механизмы:

1. Предоставление экспертной поддержки и консультаций по выбору, адаптации и внедрение передовых решений.
2. Организация обучающих программ и семинаров для повышения компетентности сотрудников предприятий.
3. Проведение пилотных проектов и тестирование новых технологий в реальных производственных условиях.
4. Создание платформ для обмена лучшими практиками, опытом и инновациями среди участников отрасли.
5. Помощь в подготовке технической документации, нормативных требований и стандартизации внедряемых технологий.
6. Финансовая поддержка и содействие в привлечении инвестиций или субсидий для реализации инновационных проектов.
7. Создание условий для совместной разработки продуктов с учётом современных требований рынка и технологий.

В настоящее время в России создано 37 ИЦК и 13 центров компетенций разработки ПО, которые координируют 18 отраслевых комитетов.

Гранты на софинансирование расходов разработчиков составили 25,3 млрд рублей, участвовали 550 российских заказчиков и разработчиков решений.

## **7.2 Национальная технологическая инициатива**

В 2016 году постановлением Правительства Российской Федерации от 18 апреля 2016 г. № 317 «О реализации национальной технологической инициативы» были утверждены дорожные карты по разработке и реализации планов мероприятий Национальной технологической инициативы (далее – НТИ) и правила отбора проектов в целях реализации планов мероприятий, а также были утверждены правила предоставления субсидий из федерального бюджета Фонду поддержки проектов НТИ на финансовое обеспечение затрат на реализацию проектов в целях реализации планов мероприятий.

Основная цель инициативы — стимулировать создание новых технологических решений, поддержку научных исследований и развитие инновационной экономики страны. Это включает поддержку стартапов, научных разработок, создание кластеров и технопарков, а также развитие инфраструктуры для внедрения новых технологий в различных отраслях промышленности. В рамках НТИ реализуются проекты в таких сферах, как информационные технологии, биотехнологии, энергоэффективность, робототехника и другие.

В рамках НТИ и национальной программы «Цифровая экономика», утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации от 2 марта 2019 г. № 234 «О системе управления реализацией национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации», внедряют проекты, направленные на развитие новых технологий и цифровых решений. В рамках этих программ реализуются направления: новые производственные технологии и новое индустриальное программное обеспечение.

Новые производственные технологии включают использование современных методов автоматизации, роботизации, 3D-печати, а также внедрение передовых производственных процессов, направленных на повышение эффективности и конкурентоспособности промышленности.

Новое промышленное программное обеспечение предназначено для разработки и внедрения инновационных программных решений, систем автоматизации и управления производственными процессами, что способствует цифровизации и модернизации предприятий.

Среди целей реализации вышеуказанных программ можно обозначить:

1. создание конкурентоспособных российских решений в области промышленного ПО (CAD/CAM/CAE/PLM/IIoT/DT/CDT) для замены зарубежных аналогов (Siemens, Dassault, Autodesk);
2. разработка отечественных аналогов западных платформ:
  - CAD (КОМПАС-3D, T-FLEX CAD, nanoCAD);
  - CAM (ADEM, T-FLEX CAM);
  - PLM (Лоцман: PLM, Цифра.Платформа);
3. интеграция с производством – совместимость с российскими станками с ЧПУ и IIoT-системами;
4. поддержка стандартов – разработка открытых форматов (аналог STEP, JT Open);
5. создание инфраструктуры для тестирования технологий (пилотные производства, инжиниринговые центры).

#### **Основные направления деятельности программ:**

- цифровое проектирование (российские CAD/CAM/PLM-системы: КОМПАС-3D, T-FLEX, ADEM);
- цифровые двойники (авиастроение, энергетика, ВПК);
- аддитивные технологии (3D-печать металлами, композитами);
- ИИ в производстве (оптимизация процессов, предиктивная аналитика).

#### **Участники программ:**

- компании: АО «АСКОН», АО «ТОП СИСТЕМЫ», ООО «Люция Софт», государственная корпорация по атомной энергии «Росатом» и государственная корпорация «Ростех»;

– Высшие учебные заведения: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Сколковский институт науки и технологий.

– институты развития: Фонд Национальной технологической инициативы, государственная корпорация развития «ВЭБ.РФ», Министерство промышленности и торговли Российской Федерации.

#### **Примеры реализованных проектов:**

– внедрение T-FLEX CAD/CAM на предприятиях ОДК и в «Вертолеты России»;

– внедрение КОМПАС-3D в государственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос» и государственной корпорации по атомной энергии «Росатом»;

– внедрение IoT-платформы «Цифра» на заводах ПАО «СИБУР Холдинг».

#### **Состав финансирования:**

– бюджетные средства (до 80% через Фонд НТИ);

– инвестиции корпораций (государственная корпорация «Ростех», ПАО «Газпром», ПАО «КАМАЗ» и др.).

Программы «Новые производственные технологии» и «Новое индустриальное программное обеспечение» ускорили переход российской промышленности на цифровые технологии.

### **7.3 Инициативы крупных компаний**

В конце 2022 года российскими властями была утверждена новая программа — «Новое индустриальное программное обеспечение» (далее – программа), направленная на достижение технологической независимости от зарубежного программного обеспечения, укрепление позиций Российской Федерации на мировом рынке в качестве производителя и поставщика конкурентоспособных решений. Согласно положениям программы, до 2030 года доля использования отечественных программных продуктов должна превысить 82%. Разберемся, какие импортозамещающие программные решения разрабатываются, на какие результаты объективно можно рассчитывать. Координаторами дорожной карты выступают

государственная корпорация по атомной энергии «Росатом» и государственная корпорация «Ростех».

В целях реализации программы была утверждена дорожная карта нового индустриального ПО (далее — НИПО), основная цель которой — снижение зависимости от зарубежных решений, поддержка локализации разработки и внедрения российского ПО в промышленных отраслях.

### **Ключевые направления НИПО**

Разработка и внедрение российского промышленного ПО:

– создание программных продуктов для автоматизации производства (CAD/CAM/CAE, MES, PLM, ERP);

– развитие решений DT/CDT, IoT, AI в промышленности;

– поддержка open-source проектов в промышленной сфере.

### **Стимулирование спроса на отечественное ПО:**

– господдержка внедрения российского ПО на промышленных предприятиях (субсидии, налоговые льготы);

– требование преимущественного использования российского ПО в госзакупках и госкомпаниях.

### **Развитие компетенций и кадров:**

– подготовка специалистов в области промышленной разработки ПО (совместные программы вузов и IT-компаний);

– создание центров компетенций на базе ведущих предприятий.

Интеграция с другими инициативами:

– синхронизация с национальной программой «Цифровая экономика» программы по импортозамещению и НТИ;

– взаимодействие с «Фондом развития цифровой экономики» и «Российским фондом развития информационных технологий».

### **Международное сотрудничество:**

– продвижение российского ПО на рынки стран ЕАЭС, БРИКС, СНГ;

– создание совместных разработческих центров с дружественными странами.

Дорожная карта рассчитана на период до 2030 года с поэтапным выполнением задач:

- этап с 2023 по 2025 гг. — создание базовых отечественных аналогов ключевых промышленных программ;
- этап с 2026 по 2028 гг. — масштабирование внедрения, развитие экосистемы;
- этап с 2029 по 2030 гг. — достижение технологической независимости в критически важных отраслях.

#### **Участники реализации НИПО:**

- Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом» и государственная корпорация «Ростех» - координация;
- Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации, Министерство промышленности и торговли Российской Федерации, Министерство экономического развития Российской Федерации;
- ВУЗы и научные центры (Сколковский институт науки и технологий, Университет ИТМО, Московский физико-технический институт);
- крупные IT-компании (АО «1С», ПАО «Ростелеком», ООО «Яндекс», ООО «Лаборатория Касперского»);
- промышленные корпорации (Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом», государственная корпорация «Ростех», государственная корпорация по космической деятельности «Роскосмос», ПАО «Газпром» и др.);
- мероприятия дорожной карты НИПО предусматривают создание российских цифровых решений, формирование мер стимулирования импортозамещения, подготовку кадров, развитие экспортного потенциала.

Технологическая карта и направления дорожной карты НИПО включают в себя поднаправление «Системы автоматизированного проектирования и управления жизненным циклом изделий среднего и тяжелого класса на базе интегрированной инженерной платформы», которое включает в себя следующие цифровые продукты: PLM; PDM; MCAD; CAD; ECAD, EDA; BIM, AEC CAD; CAE; CAM; CAPP; SPDM; MM; VR/AR; DT.

#### 7.4 Консорциум разработчиков инженерного программного обеспечения «РазВИТие»

Консорциум разработчиков инженерного программного обеспечения «РазВИТие» — это объединение профессионалов из различных организаций, занимающихся созданием, развитием и внедрением инженерных программных решений. Основные цели консорциума включают повышение качества разработки программного обеспечения, обмен опытом и технологиями, а также совместную реализацию крупных проектов. Участниками такого консорциума могут быть:

1. Разработчики программного обеспечения из различных компаний и институтов.
2. Научные и образовательные организации, занимающиеся исследованиями и подготовкой кадров.
3. Производственные предприятия, использующие инженерное программное обеспечение.
4. Представители отраслевых ассоциаций и профессиональных сообществ.
5. Инвесторы и финансирующие организации, поддерживающие инновационные проекты.
6. Специалисты по тестированию, обеспечению качества и сопровождению программных решений.

Консорциум разработчиков инженерного программного обеспечения «РазВИТие» объединяет российские компании АСКОН, НТЦ «АПМ», АДЕМ, ТЕСИС, ЭРЕМЕКС, IOSO: <https://plmrussia.ru>.

Консорциум был создан в 2015 году, когда центральной темой промышленной повестки стала импортнезависимость в критически важных технологиях, среди которых и инженерное программное обеспечение. Пять компаний — лидеров в своих направлениях договорились о координации ресурсов и планов разработки, чтобы предоставить высокотехнологичным отраслям отечественное PLM-решение для цифровой поддержки всех этапов жизненного цикла изделия.

Результаты работы консорциума представляются ежегодно на форуме «РазВИТие. Российские технологии для инженеров»: новые продукты и версии

в сквозном PLM-решении, укрепление интеграционных связей между разработчиками, примеры внедрения в промышленности. Одно из них это сквозное PLM-решение консорциума «РазВИТие», которое представляет собой систему управления жизненным циклом инженерных и производственных данных, процессов и ресурсов. Эта система предназначена для комплексного контроля над всеми этапами разработки, производства, обслуживания и утилизации продукции, что позволяет повысить эффективность, снизить издержки и обеспечить качество.

### **Вывод**

Основные направления развития САМ-систем в России поддерживаются как со стороны государства, так и со стороны бизнес-сообщества. Поддержка со стороны государства включает развитие национальных стандартов, финансирование научных исследований и создание инфраструктуры для внедрения современных технологий. Бизнес-сообщество заинтересовано в повышении эффективности производства, сокращении сроков разработки и снижении затрат через внедрение передовых САМ-решений. Совместные усилия обеих сторон способствуют развитию технологического потенциала страны и укреплению отечественной промышленности.

Для достижения целей, связанных с развитием отечественного программного обеспечения, необходимо предусмотреть выработку специальных мер государственной поддержки, обеспечивающих комплексную модернизацию производственных процессов по линии: автоматизированное проектирование (CAD), инженерный анализ (CAE) – автоматизированная подготовка производства (CAM) – автоматизированные производственные линии (станки с ЧПУ) - управление жизненным циклом производства продукции (PLM).

Ключевым функциональным звеном здесь должны стать САМ-системы и средства его интеграции с САД-системами и перспективными станками с ЧПУ. Специально необходимо предусмотреть меры поддержки развития функциональности российских САМ-систем до уровня лучших зарубежных аналогов.

## 8. Экономический эффект

Экономический эффект от внедрения САМ-систем заключается в улучшении экономических и хозяйственных показателей работы предприятия и проявляется в нескольких ключевых направлениях:

1. Снижение затрат на проектные работы за счет автоматизации рутинных процессов и повышения точности проектных решений.
2. Сокращение времени разработки, что позволяет быстрее выводить продукты и проекты на рынок и повышает конкурентоспособность отечественных предприятий.
3. Снижение зависимости от импортных технологий и программного обеспечения, что способствует укреплению национальной технологической независимости.
4. Создание новых рабочих мест будет способствовать развитию национальной промышленности, повышению технологической независимости и укреплению экономической стабильности.

Внедрение отечественных САМ-систем в российскую промышленность способно дать значительный экономический эффект.

Одним из ощутимых показателей снижения затрат является снижение затрат на приобретение лицензий на программное обеспечение, так, например, цена на лицензии систем Siemens NX и Mastercam в 2022 году доходила до 500 тыс. руб. в год. В то же время российские аналоги импортных систем зачастую в 5 раз дешевле, что делает их более привлекательными с точки зрения бюджета.

Внедрение современных САМ-систем позволяет автоматизировать рутинные задачи, ускорять процесс проектирования и сокращать ошибки, что напрямую влияет на скорость и качество выпускаемой продукции. Также использование таких систем способствует более точному планированию ресурсов и оптимизации технологических процессов. Это, в свою очередь, повышает общую производительность труда, снижает издержки и увеличивает конкурентоспособность предприятия.

При реализации государственной политики по поддержке развития индустриального программного обеспечения (ПО) в рамках высокотехнологичных направлений программ «Новые производственные технологии» и «Новое индустриальное программное обеспечение» к 2030 году ожидается значительное воздействие на экономику страны. Среди макроэкономических эффектов можно выделить:

1. Увеличение объемов производства и роста ВВП за счет внедрения современных автоматизированных решений и технологических инноваций.
2. Рост экспортного потенциала за счет конкурентоспособности отечественного индустриального ПО на мировом рынке.
3. Повышение уровня инновационной деятельности и технологического прогресса в промышленности.
4. Создание новых рабочих мест в высокотехнологичных секторах.
5. Снижение издержек производства и повышение эффективности предприятий за счет автоматизации и цифровизации процессов.
6. Улучшение технологической инфраструктуры и повышение собственной технологической безопасности страны.

Достижение этих эффектов обеспечит долгосрочный рост экономики, повышение качества продукции, а также укрепление позиций страны в сфере высоких технологий.

## **9. Заключение**

Аналитическое исследование в рамках заданной темы по прикладному программному обеспечению автоматизированной подготовки производства (САМ-системы) выявило несколько ключевых тенденций и вызовов, которые стоят перед российской промышленностью и экономикой в целом.

В частности, отмечается повышенный спрос на системы, способные интегрировать различные производственные процессы и обеспечивать автоматизированное управление технологическими операциями. Также было выявлено, что отечественные САМ-системы все чаще рассматриваются

как стратегический инструмент повышения конкурентоспособности российских предприятий на внутреннем и международном рынках.

Одной из проблем является недостаточная совместимость разрабатываемых решений с зарубежным оборудованием и программным обеспечением, что сдерживает их широкое внедрение. Кроме того, существует потребность в повышении квалификации специалистов для работы с такими системами и развитие нормативной базы, регулирующей их развитие и внедрение.

### **9.1 Рекомендации**

Для стимулирования развития отечественных САМ-систем и разработки мер государственной поддержки их функциональных возможностей необходимо учитывать следующие ключевые факторы:

Интеграционные характеристики:

- участие САМ-систем в сквозном процессе цифровизации производства;
- обеспечение интеграции CAD/CAE/CAM/PLM решений в единую платформу для проектирования (CAD), инженерного анализа (CAE), производства (CAM) и управления жизненным циклом производства продукции (PLM) (сквозное управление данными от проектирования до изготовления);
- обеспечение интеграции российских САМ-систем с российскими станками с ЧПУ в соответствии с отраслевой специализацией;
- обеспечение разработки в составе российских САМ-систем функционала цифровых двойников станков с ЧПУ.

Характеристики отраслевой специализации:

- разработка специализированных версий САМ-решений (специальных стратегий) для отраслей промышленности: машиностроение, двигателестроение, автомобилестроение, судостроение, авиастроение, железнодорожный транспорт, ракетно-космическая отрасль;
- разработка станков с ЧПУ российского производства под потребности профильных отраслей промышленности.

Функциональные характеристики:

- обеспечение разработки полного функционала 5-осевой обработки в соответствии с отраслевой специализацией;
- обеспечение разработки разработку полного функционала высокоскоростной обработки (HSM) в соответствии с отраслевой специализацией;
- обеспечение разработки полного функционала поддержки аддитивного производства (3D-печать металлом, гибридные технологии (фрезеровка + DED-печать) и т.п.);
- обеспечение разработки и внедрение AI и облачных решений, AI-оптимизация режимов резания облачные САМ-расчёты;
- обеспечение разработки и развития функционала российских САМ-систем при интеграции с импортными станками с ЧПУ (Haas, DMG Mori) в соответствии с отраслевой специализацией.

## 9.2 Итоги исследования

В целом, развитие отечественного рынка САМ-систем требует комплексных мер по поддержке исследований, созданию инновационных решений и стимулированию сотрудничества между научными учреждениями и промышленностью. Эффекты от развития и внедрения отечественных САМ-систем положительно могут сказаться на развитии промышленности и научных исследований.

Среди ключевых преимуществ — повышение эффективности проектных работ, снижение времени и затрат на разработку, увеличение точности и качества конечных продуктов, а также укрепление технологической независимости страны. Внедрение отечественных решений будет способствовать развитию инновационной деятельности и созданию условия для появления новых рабочих мест в высокотехнологичных сферах. В результате страна получает возможность более самостоятельно управлять своим научно-техническим развитием и повышать конкурентоспособность на международном рынке.

## 10. Список используемых источников

### Официальные источники и отчеты

1. Указ Президента Российской Федерации от 28 февраля 2024 г. № 145 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации».
2. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 23 марта 2018 г. № 482-р «Об утверждении плана мероприятий («дорожной карты») по совершенствованию законодательства и устранению административных барьеров в целях обеспечения реализации Национальной технологической инициативы по направлению «Технет» (передовые производственные технологии)».
3. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 16 июля 2020 г. № 1861-р «О подписании соглашения о намерениях между Правительством Российской Федерации, государственной корпорацией по атомной энергии «Росатом» и государственной корпорацией по содействию разработке, производству и экспорту высокотехнологичной промышленной продукции «Ростех» в целях развития в Российской Федерации высокотехнологичной области «Новые производственные технологии».
4. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 20 мая 2023 г. № 1315-р «Об утверждении Концепции технологического развития на период до 2030 года».
5. 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 внесении изменений в распоряжение Правительства Российской Федерации от 6 июня 2020 г. № 1512-р».
6. Росатом. Единая цифровая стратегия 2024.  
<https://digitalrosatom.ru/file/ecs-5-1.pdf>.
7. ПЛАН МЕРОПРИЯТИЙ («дорожная карта») «ТЕХНЕТ» (передовые производственные технологии) Национальной технологической инициативы.  
[https://nti2035.ru/docs/DK\\_technet\\_2021.pdf](https://nti2035.ru/docs/DK_technet_2021.pdf).

8. ДОРОЖНАЯ КАРТА РАЗВИТИЯ «СКВОЗНОЙ» ЦИФРОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ «НОВЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ».  
<https://digital.gov.ru/uploaded/files/07102019npt.pdf>.

**Информация от разработчиков прикладного программного обеспечения автоматизированной подготовки производства (САМ-систем)**

9. Sandvik Annual Report 2023.  
<https://www.annualreport.sandvik/en/2023/sustainable-business/non-financial-notes/employees.html>.
10. Hexagon Annual Report 2022.  
<https://vp208.alertir.com/afw/files/press/hexagon/202303301517-1.pdf>.
11. OneSpin Solutions - Overview, News & Similar companies.  
<https://www.zoominfo.com/c/onespin-solutions-gmbh/107955360>.
12. Nextflow Software Company Profile | Management and Employees List.  
<https://www.datanyze.com/companies/nextflow-software/404505685>.
13. ZONA Technology Company Profile | Management and Employees List.  
<https://www.datanyze.com/companies/zona-technology/114573366>.
14. Radica Software Sdn Bhd - Overview, News & Similar companies.  
<https://www.zoominfo.com/c/radica-software-sdn-bhd/162447885>.
15. Insight EDA's Competitors, Revenue, Number of Employees, Funding, Acquisitions & News - Owler Company Profile:  
<https://www.owler.com/company/insighteda>.
16. Dassault Systemes Annual Report 2023:  
[https://ir.nemetschek.com/download/companies/nemetschek/Annual%20Reports/NEM\\_AnnualReport2023\\_en.pdf](https://ir.nemetschek.com/download/companies/nemetschek/Annual%20Reports/NEM_AnnualReport2023_en.pdf).
17. Centric Software's Competitors, Revenue, Number of Employees, Funding, Acquisitions & News - Owler Company Profile:  
<https://www.owler.com/company/centricsoftware>.
18. PTC Annual Report 2023:  
[https://s27.q4cdn.com/610238322/files/doc\\_financials/2023/ar/ptc-2023-annual-report.pdf](https://s27.q4cdn.com/610238322/files/doc_financials/2023/ar/ptc-2023-annual-report.pdf).

19. PTC Completes Acquisition of Vuforia:

<https://investor.ptc.com/resources/news/news-details/2015/PTC-Completes-Acquisition-of-Vuforia/default.aspx>

20. PTC to Acquire Big Data Machine Learning and Predictive Analytics Leader ColdLight. <https://investor.ptc.com/resources/news/news-details/2015/PTC-to-Acquire-Big-Data-Machine-Learning-and-Predictive-Analytics-Leader-ColdLight/default.aspx>.

21. Big-data company ColdLight gets acquired by PTC for \$105M - Technical.ly: <https://technical.ly/startups/coldlight-ptc-acquisition/>.

22. Onshape's Competitors, Revenue, Number of Employees, Funding, Acquisitions & News - Owler Company Profile. <https://www.owler.com/company/onshape>.

23. Intland Software: Revenue, Competitors, Alternatives. [https://growjo.com/company/Intland\\_Software](https://growjo.com/company/Intland_Software).

24. BuildingConnected: Revenue, Competitors, Alternatives. <https://growjo.com/company/BuildingConnected>.

25. Creo CAD Software: Enable the Latest in Design | PTC. <https://www.ptc.com/en/products/creo>

26. Materialise Magics | 3D Printing Data and Build Preparation Software. <https://www.materialise.com/en/industrial/software/magics-data-build-preparation>

### **Научная образовательная литература.**

27. Функциональные характеристики отечественных систем управления оборудованием с числовым программным управлением (САМ-систем). Экспертно-аналитический доклад (по состоянию на март 2024 года): монография. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. Передовая инженерная школа «Цифровой инжиниринг». <https://elib.spbstu.ru/dl/2/i24-180.pdf/info>.

28. Оценка состояния рынка сквозных цифровых технологий в Российской Федерации и мире в части развития промышленного программного обеспечения и разработка методики оценки индекса технологической независимости российского промышленного программного обеспечения: Экспертно-аналитический отчет под руководством А.И. Боровкова // СПбПУ. 2022. - 2849 с.

29. Оценка состояния рынка сквозных цифровых технологий в Российской Федерации и мире в части определения функциональных характеристик цифровых продуктов и актуализация системы показателей и индикаторов развития высокотехнологичной области «Новое индустриальное программное обеспечение»: Экспертно-аналитический отчет под руководством А.И. Боровкова // СПбПУ. 2023. - 4248 с.

30. Экспертно-аналитический анализ функциональных возможностей, потенциала импортозамещения программного обеспечения в области машиностроения, и в том числе для разработки и производства беспилотных летательных аппаратов: Экспертно-аналитический отчет под руководством А.И. Боровкова. А.И. Боровкова // СПбПУ. 2023. - 877 с.

31. International Journal of Production Research (IJPR) - цифровой журнал в области промышленного производства, инжиниринга, исследования операций и управления производством. IJPR публикует убедительные результаты научных исследований и описание эффективных решений с подтвержденной эффективностью в области промышленного производства. <https://www.tandfonline.com/journals/tprs20>.

32. CADmaster - журнал для профессионалов в области САПР. <https://www.cadmaster.ru>.

#### **Иные источники**

33. <https://www.cadenas.de/>.

34. <https://qu4lity-project.eu/the-qu4lity-world/>.

35. <https://www.objectmanagementgroup.org/journal-of-innovation/>.

36. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-031-46452-2>.

37. <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/enterprise-networks/global-networking-trends.html?ysclid=lyf0p1b9me206706604>.

38. <https://www.onshape.com/en/resource-center/ebooks/the-state-of-product-development-hardware-design-2023-2024>.

39. <https://inria.hal.science/hal-02075626/document>.

40. <http://government.ru/news/14787/>.

41. <https://rostec.ru/news/utverzhdena-razrabotannaya-rosatomom-i-rostekhom-dorozhnaya-karta-novye-proizvodstvennye-tehnologii/>.
42. <http://government.ru/news/47353/>.
43. <http://kremlin.ru/events/president/news/60971>.
44. <https://ac.gov.ru/news/page/sformirovano-35-industrialnyh-centrov-kompetencij-po-zameseniu-zarubeznyh-otraslevyh-cifrovyh-produktov-i-resenij-27250>.
45. <https://d-economy.ru/news/klub-cifra-tehlid-rf-novyj-format-dlja-kommunikacii-ick-ckr-na-platforme-ano-cje/>.
46. <https://fea.ru/activity/680>.
47. <https://fea.ru/news/6446>.
48. <https://fea.ru/article/prognoz-realizacii-prioriteta-nauchno-tehnologicheskogo-razvitiya-opredelennogo-punktom-20a-strategii-nauchno-tehnologicheskogo-razvitiya-rossijskoj-federacii?ysclid=lq0sm3insj904952598>.
49. <http://nticenter.spbstu.ru/news/8683>.
50. <https://plmrussia.ru/about/>.
51. <https://plmrussia.ru/solution/>.
52. <https://www.it-world.ru/news-company/releases/185935.html>.
53. <https://www.atomic-energy.ru/news/2021/07/06/115271>.
54. <https://gemma.ru/products/gemma/>.
55. <https://adem.ru/products/adem-vx-2020/>.
56. <https://www.ncmanager.com/russian/index.html>.
57. <https://tehtran.com/>.
58. <https://triangulatica.com/ru/>.