

**Федеральное агентство по рыболовству**  
автоматизированного проектирования (САД). Автоматизации  
технологической подготовки производства – САМ-системы (Computer-aided  
manufacturing). Интеграция САД, САМ, PDM систем и процесса  
производства на основе PLM системы»

	<p><b><u>Работу выполнил:</u></b> студент группы ДИААБ - 41 Фисенко Н.Г.</p> <p><b><u>Работу проверил:</u></b> профессор кафедры «Прикладная информатика» Шуршев В. Ф.</p>
--	--

**Астрахань 2023**

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1.Автоматизация инженерного проектирования.....	3
2.Системы автоматизации инженерных расчетов(САЕ) .....	9

3. Системы автоматизированного проектирования(CAD)	11
4. Автоматизация технологической подготовки производства. САМ-системы	14
5. Интеграция CAD, САМ, PDM систем и процесса производства на основе PLM системы	18
6. Заключение	20
7. Контрольные вопросы	21
8. Тестовые задания	22
Список использованной литературы	25

## **Введение**

Еще совсем недавно человечество ездило на лошадях, использовало для передвижения по воде деревянные лодки и даже не задумывалось о том, что когда-то человек сможет познать тайны космоса, сможет строить огромные небоскребы, тратя на проектирование всего этого не десятки лет, а значительно меньше. И буквально 70 лет назад человечество начало свой путь в автоматизации инженерного проектирования. Это позволило людям быстрее и качественнее заниматься проектированием так нужных нам сейчас изделий, без которых мы не можем представить нашу жизнь. К ним можно отнести телефоны, машины, корабли, летательные аппараты и многое другое.

Так что же представляет из себя автоматизация инженерного проектирования или как ее еще называют САПР?

## **Автоматизация инженерного проектирования**

Если в настоящее время компании хотят добиться успеха в своем бизнесе, им необходимо пересмотреть существующие системы управления производством. В этом могут помочь последние достижения науки и техники. Современные разработки позволили автоматизировать производство. Люди освобождены от многих функций и предоставлены специализированным устройствам, оборудованию и информационным системам.

В настоящее время имеется много конструктивных вопросов, которые от своего решения будут ускорять научно-технический прогресс (НТП) в нашем обществе. К ним можно отнести такие вопросы, как улучшение качества производимого товара, приведение сроков проектирования к минимуму, повышение производительности труда. Все эти вопросы непосредственно влияют на НТП. Прогресс систем автоматизированного проектирования будет строиться на так называемом «научно-техническом фундаменте». В этом фундаменте заложены основные элементы развития, к которым можно отнести компьютерные разработки, новейшие методы представления и обработки информации и многое другое.

Без систем автоматизированного проектирования было бы невозможно проектирование сложных деталей или различных элементов. Поэтому данные системы позволяют усовершенствовать различные методы проектирования, стимулировать развитие различных математических теорий.

Автоматизация инженерного проектирования начинает свой путь еще с 40-х годов прошлого столетия, когда человек уже сделал различные проекты в области ПО. Несколько из этих проектов включают в себя сервомоторы, компьютеры со встроенными операциями для автоматической координации преобразований для вычисления векторов, и графический математический процесс формирования формы с помощью цифрового станка.

В начале 50-х годов САПР начали постепенно использоваться в машиностроении, в основу которых были заложены разнообразные математические модели. К ним относится теория В-сплайнов

САПР представляет собой автоматизированную систему, с помощью которой

появляется возможность выполнять функции проектирования различных моделей.

На английский язык САПР переводится как CAD, что можно расшифровать как computer-aided design, что в ГОСТе 15971-90 означает как «автоматизированное проектирование».

В нашей терминологии имеется разделение систем на определенные классы, которые можно отнести к автоматизации труда инженеров, проектировщиков и технологов. Все основные классы систем представлены на рисунке 1.

Рисунок 1 – Классы систем автоматизированного проектирования.

САПР постепенно начало развиваться в таких отраслях как военная промышленность, машиностроение, авиастроение, кораблестроение, протезирование и многие другие отрасли жизни.

Дисциплина жизненного цикла продукции является одной из главных задач на производстве. Для нее используются САПР, которые выполняют несколько важных задач на стадии проектирования и подготовки производства к запуску.

Важные задачи для создания САПР приведены на рисунке 2.

Рисунок 2 – Основные цели создания САПР.

Чтобы достигнуть данные задачи необходимо выполнить большое количество заданий, к ним можно отнести:

- подготовку документов с помощью автоматизации;
- использовать параллельное проектирование;
- использовать многократное повторение уже имеющихся проектов, данных и наработок;
- возможность повышения качества управления проектированием;
- использовать многообразные варианты проектирования и оптимизации;
- возможность привести объемы испытаний к минимуму и доведение опытных образцов к идеалу с помощью повышения уровня достоверности проектных решений и сокращение времени на данные затраты.

С какого же момента начинается создание продукции, для которой были использованы системы автоматического проектирования?

Все начинается с проектирования изделия. Это, пожалуй, является первым этапом при создании товара. Проектирование включает в себя такие действия, как описание исходного объекта в окончательный продукт за счет получения и преобразования большого количества работ, исследования, расчета и конструктивного проектирования.

Проектирование, с использованием знаний человека, возможностей ЭВМ и комплекса различных средств автоматизации, принято называть **автоматизированным**.

В настоящее время системы автоматизированного проектирования являются одним из тяжелых искусственных систем. Все основные этапы не могут быть реализованы без системного подхода. Это ведет к тому, что идеи системотехники будут занимать большую часть дисциплин. Все эти идеи занимаются анализом новых автоматизированных систем, а также реализации использования этих систем. К примеру, при использовании системного подхода при создании модели появляется возможность повторного использования уже имеющихся данных, что позволяет дорабатывать сложные изделия.

Системный подход можно разделить на несколько подходов, к числу которых можно отнести структурные, блочно-иерархические и объективно-ориентированные подходы. В этих трех подходах заложены все основные функции системного подхода.

При структурном подходе надо соединять компоненты или же блоки, с помощью которых строятся различные варианты систем, и затем оценить варианты при переборе этих компонентов.

Блочно-иерархический подход включает в себя идеи разбиения сложных описаний объекта на более легкие составляющие, и за счет этого устанавливает связь между параметрами соседних иерархических уровней, что значительно упрощает работу с моделями. Блочно-иерархический подход показан на рисунке 3.

Рисунок 3 – Иерархические уровни описания объектов проектирования.

Объективно-ориентированный подход в большей мере применяется при создании информационных систем и в первую очередь их программного обеспечения. Данный подход имеет несколько важных достоинств, при решении проблем управления сложностью и внедрению ПО, а именно:

придает структурную определенность модели приложения, разделяя данные и процессы, представленные в приложении, на классы объектов;

сокращает количество спецификаций за счет введения иерархий объектов и изучения взаимосвязей между свойствами объектов на разных иерархических уровнях описания;

ограничивает доступ к определенным классам данных в объекте, за счет снижения вероятности повреждения данных из-за неправильных действий. Объяснение в каждом классе, допустимые объективные ссылки на них и формат полученных сообщений облегчают координацию и интеграцию ПО.

Принцип объективно-ориентированного подхода показан на рисунке 4.

Рисунок 4 - Принцип объективно-ориентированного анализа.

Когда разрабатывается какой-либо объект, то для его функционирования создается не только проект, но и функционирующая модель. Это говорит нам, что проектирование и создание работающей модели являются взаимосвязанными процессами. Они не могут работать друг без друга. Под проектированием мы понимаем создание общей схемы объекта, то есть в ней представлены все аппараты, агрегаты, все узлы и их используемые системы. В то же время, создание функционирующей модели предполагает детального изучения создаваемого объекта. В ней возможно определить все недостатки созданного проекта и исправление их в дальнейшем.

Если рассматривать нефтегазовую промышленность, то все используемые абсорберы, сепараторы, теплообменники и т.д. – это все является оборудованием, а конкретное место определенной детали, конкретное расположение узлов будет определять назначение этих самых оборудований. С помощью дизайна имеется возможность выбрать метод соединения, а взаимодействие компонентов и материалов позволяет уже заняться проектированием. В свою очередь все остальные детали и компоненты производятся по определенным стандартам и определенным исполнениям. Все эти действия составляют этап проектирования, в котором определяются все технические и экономические варианты решений.

В конечной стадии проектирования у нас уже имеется проект нашей установки.

Процесс создания модели изделия показан на рисунке 5.

### Рисунок 5 – Процесс создания модели изделия.

Распишем, что относится к основным элементам при проектировании изделия и т.п.

Под основными элементами проектирования мы понимаем этапы проектирования, с помощью которых происходит постепенное преобразование задуманной модели в реальность. В настоящее время имеется много различных этапов, к которым относятся научно-исследовательские работы (НИР), опытно-конструкторские работы (ОКР), технический и рабочий проект. Научно-исследовательскую работу можно также называть предпроектной. С ходом времени наступает все новый и новый этап проектирования и уже становится отчетливо видно, как создаваемый проект переходит от стадии задумки к стадии опытного образца.

Разберем, что же относят к основным этапам проектирования.

Под основными этапами обычно понимают четыре основных элемента. К ним можно отнести:

- Техническое задание, в ходе которого задаются нужные параметры создаваемого проекта;
- Техническое предложение, в ходе которого проверяется возможность усовершенствовать модель;
- Эскизный проект, в ходе которого происходит доработка недочетов имеющегося проекта;
- Технический проект, в ходе которого заканчивается создание проектируемой модели.

Разберем каждый этап по-отдельности.

Чтобы создать какой-либо объект или какую-либо деталь нужно определиться, что мы будем проектировать, каких размеров, из каких материалов и т.д. Все эти вопросы заложены в техническом задании (ТЗ). То есть в ТЗ прописываются все характеристики, которые присуще создаваемой модели. Обычно техническое задание создается по последним достижениям в различных сферах.

Следующим этапом проектирования является техническое предложение. В ходе данного этапа происходит проверка, по итогу которой определяется совместимость

требований технического задания с последующей возможностью произвести так называемый «апгрейд». Обычно в техническом предложении представлены различные варианты технических решений из которых выбирается самый оптимальный.

После технического предложения у нас наступает этап эскизного проекта. В ходе данного этапа производится исправление ошибок, который не были учтены в техническом предложении. Также при создании эскизного проекта появляется уже модель нашего проекта, которую в дальнейшем будут создавать.

И заключительным этапом проектирования является технический проект. В нем уже имеется готовая модель, с помощью которой можно более точно определить все характеристики и сравнить их с характеристиками в техническом задании. Если в ходе проверки появляются какие-то вопросы или появляется несоответствие с заданными характеристиками, то именно на этапе технического проекта стараются исправить все эти недочеты. В конце данного этапа появляется уже готовая модель, которую можно изготавливать и собирать.

Все стадии проектирования можно представить одной большой схемой, показанной на рисунке 6.

Рисунок 6 - Схема процесса проектирования.

Проектирование какой-либо модели занимает определенное время. Все этапы, все действия, связанные с проектированием можно представить в таблице 1, где показано, сколько процентов от общего времени проектирования занимает тот или иной этап.

**Таблица 1. Временные затраты (в %), связанные с проектированием.**

Проектные этапы	Время, %	Вид затрат времени
Время, затраченное на проектирование модели	12	Прямые затраты  (проектные работы)
Время, затраченное на расчеты свойств и геометрии модели	7	
Время, затраченное на вычерчивание проектируемой модели	30	
Прочие работы	13	
Время, затраченное на составление спецификаций проектируемой модели	8	Косвенные затраты
Время, затраченное на контроль чертежей	3	
Время, затраченное на поиск повторяющихся деталей	2	
Время, затраченное на составление описаний	14	
Время, затраченное на нормирование	3	
Время, затраченное на поиск аналогов проекта	1	

Время, затраченное на переписку	3	
Прочие работы	4	

Не сложно заметить, что большая часть времени, затрачиваемая на проектирование модели, тратится на вычерчивание детали, что составляет третью часть от всего времени.

### **Системы автоматизации инженерных расчетов(САЕ).**

В данном разделе разберемся, что-же представляют из себя системы автоматизации инженерных расчет и для чего они применяются.

Говоря простыми словами, САЕ-системы применяются в тех случаях, где необходимо производить какие-либо инженерные расчеты, анализировать и визуализировать физические процессы. САЕ-системы также поддерживают возможность производить моделирование процессов динамики, а также улучшать проектируемое изделие.

В основном САЕ-системы проверяют уже готовые изделия, которые спроектированы в системах САД, то есть уже готовые геометрические модели. С помощью довольно развитых САЕ-систем изделия, которые собираются уже непосредственно на предприятиях, выходят из конвейера в надлежащем виде и качестве и в дальнейшем доходят до заказчика в указанный срок.

Огромное множество САЕ-систем имеют возможность производить решения систем уравнений с дифференциалами в частных производных, используя метод конечных элементов.

Основные функции САЕ-систем имеют очень большое разнообразие. Например, в машиностроительных САЕ-системах выполняются такие функции, как:

- анализ кинематики и динамики изделия путем определения траектории движения подвижных частей и сил, которые приложены к изделию в рабочем процессе;
- процесс моделирования физических свойств, которые проводятся методом конечных элементов;
- расчет состояния и временных процессов на макроуровне;
- моделирование сложных производственных систем на основе моделей массового обслуживания и сетей Петри.

На рисунке 7 можно увидеть небольшую часть отраслей, где используются САЕ-системы.

Рисунок 7 – Отрасли использования САЕ-систем.

В настоящее время уже нереально представить какое-либо производство без САЕ-систем. В связи с чем САЕ-системы обширно развиваются в различных направлениях. Несколько таких направлений представлены на рисунке 8.

## Рисунок 8 – Направления развития CAE-систем.

При проведении инженерных исследований в системе CAE создается компьютерная модель, которая называется анализом. Она описывает поведение объекта при определенных условиях. Эта компьютерная модель содержит геометрическую трехмерную модель детали или узла и набор условий, которые ограничивают нагрузку и движение исследуемого элемента.

Как правильно, прототип задачи механического анализа определяется следующим образом и представляется уравнением в частных дифференциальных уравнениях вместе с начальными условиями и граничными условиями.

Условно решения дифференциальных уравнений разделяют на две основные категории. К ним относятся аналитические методы и численные методы.

Благодаря аналитическому методу нужное нам решение будет являться уравнение, с помощью которого можно будет найти значения нужной нам функции, за счет использования определенных значений аргументов. Про такое решение говорят, что оно получено в аналитической форме.

Многие инженерные задачи, связанные с изучением напряженно-деформированного состояния твердых тел, могут быть решены с помощью аналитических методов, таких как теория упругости и пластичности, теории пластин и оболочек.

Например, если задача определения напряжений, перемещений и собственной частоты конструкции простой геометрии может быть сведена к решению алгебраических, тригонометрических и элементарных дифференциальных уравнений, известных из лекций по механике материалов и теоретической механике, то решение может быть получено аналитическими методами.

Преимущество аналитического метода заключается в том, что точные результаты могут быть получены за короткое время.

Решения получаются путем подстановки, функциональных преобразований и строгого обоснования определенных предположений.

Из-за грубости модели физическая точность метода невысока, и в большинстве случаев он может лишь оценить количество цифр. Для более точных и сложных моделей аналитические решения встречаются относительно редко.

Многие важные технические проблемы не могут быть решены аналитически из-за сложности геометрии конструкции и граничных условий.

Численные вычисления- это метод подхода к решению математических задач, обычно путем выполнения ряда арифметических операций над числовыми значениями. Численные расчеты позволяют получать результаты с числовой неопределенностью, которая зависит от проблемы. В этом отличие от аналитических методов.

Численные методы дают только приближительные решения. Аналитические методы дают приближительное решение проблемы. Численные расчеты позволяют получить решение задачи при конкретных значениях параметров и исходных данных.

Для того, чтобы провести анализ, который позволит нам определить зависимость нашего решения от некоторых параметров и заданных начальных условиях, просто

необходимо произвести серию вычислений.

Когда дифференциальное уравнение решают численным методом неизвестная величина будет являться переменной в конечном значении исходного поля. В таком случае дифференциальное уравнение будет дискретизироваться.

### **Системы автоматизированного проектирования(CAD).**

Системы автоматизированного проектирования или же computer-aided design(CAD) используются для моделирования в двухмерном или трехмерном пространстве. С помощью CAD систем проектируются конструкции технологических процессов, изделий машиностроения, авиастроения, полупроводников и многого другого.

В двухмерном (2D) проектировании производится черчение, оформление конструкторской документации, а в трехмерном (3D) проектировании получают уже готовые трехмерные модели вместе с расчетами характеристик, также реализуется визуализация для более детального изучения модели.

CAD-системы уже не первый десяток лет имеет место в проектировании. Разработчики разделяют развитие данных систем на 3 этапа.

Начиная с 70-х годов прошлого столетия начинается упорное развитие CAD-систем. Это последовало за достижениями в научно-практической работе. В ней было доказано, что проектировать сложные промышленные изделия в принципе реально. Вот именно это и стало первым этапом развития CAD-систем.

В ходе первого этапа те люди, которые работали на CAD, CAM и CAE-системах, использовали графические терминалы. Они присоединялись к большим серверам, производителями которых в те времена являлись такие компании как IBM и Control Data. В те времена эти самые сервера были не такими надежными, как сейчас. У них был один большой недостаток. Когда нужно было системный ресурс дать большому количеству сотрудников, то на центральный процессор накладывалась огромная нагрузка, которая мешала штатному функционированию системы. В дальнейшем эта проблема была решена.

Подводя итоги первого этапа, разработчики сделали ряд открытий. Им удалось развить проектирование печатных плат и слоев микросхем на такой уровень, что стало возможно создавать сложные интегрированные микросхемы.

Также на первом этапе стал происходить переход систем с больших серверов на персональные компьютеры.

Начиная с 80-х годов прошлого столетия начинается разделение CAD-систем на специализированные сектора. С этого момента начался второй этап развития систем.

В ходе второго этапа было разделение электрических и механических CAD-систем на две отличные отрасли, а именно ECAD-системы и MCAD-системы.

Также не остались в стороне производители рабочих станций для систем. Какие-то производители остались с компанией IBM, которые использовали микропроцессоры от intel, другие производители стали работать с компанией Motorola. Так как была необходимость проектировать сложные модели, то 16-разрядные системы плохо справлялись с этой задачей, тогда пользователям приходилось переходить на 32-разрядные системы, которые в те времена были на операционной системе Unix. Переход на другую операционную систему позволил проектировать сложные модели без каких-либо серьезных затруднений.

Ближе к середине 80-х годов компания Motorola почти использовала все возможности своей архитектуры. Тогда пришлось создавать новые чипы для станций, которые работают с Unix.

По итогу второго этапа развития началось создание архитектуры RISC, которая помогла повысить производительность систем.

В 90-х годах прошлого столетия компания intel начала производить свои транзисторы по более низкой цене, что привело к повышению производительности. Это связано с развитием микротехнологий, с которых и начинается третий этап развития систем.

В дальнейшем наблюдалась успешная конкуренция рабочих станций ПК с RISC или Unix платформами. Даже сейчас данные платформы широко используются для проектирования интегральных схем. Хотя в настоящее время почти всю область проектирования заняла операционная система Windows.

Разные источники пишут, что, начиная с конца 90-х годов рабочие станции платформы Windows обходят по объемам продаж платформу Unix. Именно это сейчас мы и наблюдаем.

Полная классификация показана на рисунке 9.

#### Рисунок 9 - Классификация CAD-систем.

Первоначально программное обеспечение CAD-систем разрабатывалось с использованием таких компьютерных языков, как Fortran и ALGOL, но ситуация существенно изменилась с развитием методов объективно-ориентированного программирования. Типичные современные системы параметрического моделирования и системы проектирования поверхностей произвольной геометрии основаны на ряде основных модулей на языке C с собственными API. CAD-системы основаны на взаимодействии данных NURBS геометрии данных граничного представления через ядро геометрического моделирования, и это можно считать основным на взаимодействии с графическим интерфейсом пользователя.

Благодаря этим связям начинает появляться новый вид проектирования, который можно назвать цифровым. Этот вид проектирования предполагает использование значительного времени процесса производства. Создание модели CAD-систем предполагает, что имеется возможность перенести уже имеющийся прототип модели на компьютер при помощи томографа.

Из-за большого разнообразия работ можно выбирать, какие именно прототипы нам подойдут, цифровые или физические. Благодаря выбору возможно удовлетворить определенные потребности.

В настоящее время данные системы возможно установить на все имеющиеся платформы. Несколько из систем имеют возможность работать на нескольких платформах одновременно.

В нынешние времена много программ, которые используются для CAD-систем, не нуждаются в каких-то определенных оборудованьях. Однако некоторые систем CAD способны выполнять тяжелую графическую и вычислительную работу. В связи с этим есть возможность использовать современные видеокарты, быстрые процессоры и большой объем оперативной памяти.

Для проектирования деталей или каких-либо элементов человек обычно использует компьютерную мышь. Есть возможно при проектировании использовать ручки и графические планшеты.

В настоящее время появилась возможность для проектирования использовать 3D очки. Раньше такие очки невозможно было использовать из-за серьезных ограничений при использовании программ, но с течением времени такая возможность стала доступной. Теперь же использование 3D очков позволяет детальнее изучить проект, чтобы избавиться от малейших ошибок.

### **Автоматизация технологической подготовки производства. САМ-системы.**

Современный промышленный процесс невозможно представить без автоматизации технологической подготовки производства. Ручная обработка деталей и изделий сегодня заменяется компьютерными системами, основной задачей которых является создание электронных моделей изделий, создание управляющих программных кодов и автоматическая подача команд обработке деталей и изделий на специализированных станках.

САМ-системы представляют собой средства, с помощью которых реализуется подготовка производства изделий. За счет данных систем производится автоматизация программирования и управления оборудованием. В русском языке имеется аналог данного термина, а именно АСТПП, что означает Автоматизированная Система Технологической Подготовки Производства. В нее также, как и в САПР входят такие задачи, как создание технологической документации, которая доставляется до рабочих мест с целью производства изделия, и доставка регламента процесса изготовления изделий.

Системы САМ обеспечивают своевременную и точную обработку деталей и изделий, повышают эффективность производственных процессов и уменьшают затраты на производство. Системы САМ поддерживают широкий спектр производственных операций.

К одним из важных задач, которые реализуются с помощью САМ-систем, можно отнести:

- проектировка технологического процесса;
- объединение программ управления с числовыми программами управления;
- моделирование процессов обработки;
- построение траекторий движения инструмента и заготовки в процессе обработки;
- расчет оптимального времени, для обработки изделия.

Рынок САМ-систем представлен различными производителями, которые в той или иной мере имеют как положительные, так и отрицательными сторонами.

Основные производители САМ-систем являются такие компании как: Dassault, Siemens, Planit. Они занимают ведущие места в поставках САМ-систем. Уровень мирового рынка САМ-систем можно увидеть на рисунке 10.

Рисунок 10 - Рынок САМ-систем.

Но какая же САМ-система является самой лучшей?

Чтобы произвести сравнительную характеристику САМ-систем и определить, какая САМ-система является наилучшей, нужно определить по каким параметрам будет производиться сравнение. К таким параметрам будут относиться функционал, системные требования и интерфейс.

Для сравнительной характеристики возьмем три довольно известные САМ-системы, а именно: ESPRIT, ADEM и SprutCAM.

Перечисленные САМ-системы являются разработками российского производства. Это позволяет говорить, что в России тоже имеются свои довольно неплохие САМ-системы.

Программа ESPRIT является высокопроизводительной, многофункциональной, обучающей системой среднего класса. У нее имеется русифицированный интерфейс и справочная система. Лучше остальных программных комплексов поддерживает электроэрозионные станки. [4]

Программа ADEM была разработана еще в 90-х годах прошлого столетия. Внутри программы заложены основные системы для проектирования, программирования и конструирования моделей.

SprutCAM в отличие от многих существующих в мире систем поддерживает разработку управляющего программного обеспечения для многокоординатных фрезерных станков, а также используется для управление процессами в нефтегазовой отрасли, что выделяет ее их многих САМ-систем. Все преимущества российского разработчика: удобный интерфейс, обновление версий, поддержка, приемлемая цена, наличие справочной литературы. [4]

Функционал трех основных САМ-систем представлены на рисунке 11.

Рисунок 11 - Функционал трех основных САМ-систем.

Из проведенного анализа, можно сделать вывод, что ADEM и SprutCAM имеют больше возможных функций.

Какие же минимальные системные требования рекомендуют поставить производители САМ-систем для своих систем?

Рисунок 12 – Системные требования САМ-систем.

После проведенного анализа системных требований САМ-систем, можно сделать вывод, что по большей мере у всех представленных САМ-систем схожие системные требования. САМ-системы ADEM и SprutCAM для своего функционирования используют более требовательные процессоры, но ADEM использует меньше оперативной памяти, чем SprutCAM. Для работы на ESPRIT нужен менее требовательный процессор, но объем оперативной памяти в три раза выше чем в ADEM и на 4 Гб меньше, чем в SprutCAM.

Выполнив визуальный анализ каждой системы, мною был сделан субъективный анализ. Более-менее понятный интерфейс наблюдается у системы SprutCAM. У нее

имеется большой ассортимент различных функций, которые помогают при проектировании. В ней также удобно и приятно работать. Чтобы увидеть выполненные операции технологу не обязательно заполнять определенные параметры. Все эти параметры можно будет заполнить чуть позже. Еще один из плюсов SprutCAM – это наличие генератора постпроцессоров. Благодаря ему появляется возможность создать управляющую программу разного формата и для огромного количества стоек с ЧПУ.

Что касается интерфейсов ESPRIT и ADEM. То тут можно также сказать, что интерфейсы являются простыми, но менее понятными. Допустим в ADEM имеется более наглядный процесс просмотра модели, когда модель уже находится на рабочем станке.

Что же касается ESPRIT, то в нем реализована такая вещь, как возможность переносить проекты от одного станка к другому и при этом потратить минимальное количество времени. Это означает, что можно будет заменять одну модель станка на другую, и задачи сами перестроятся под новый станок.

Ниже представлена таблица 2 с сравнительными характеристиками выбранных САМ-систем.

**Таблица 2. Сравнительная характеристика выбранных САМ-систем.**

Название системы	Наибольший функционал	Наименьшие системные требования	Удобство интерфейса
ESPRIT	-	+	+
ADEM	-	+	-
SprutCAM	+	-	+

Проведя небольшой анализ систем, появляется возможность подвести итог и сделать вывод. Нельзя конкретно сказать какая из систем является лучшей, потому что у каждой есть свои плюсы и минусы. У какой-то системы высокий функционал, но при этом высокие требования к самой системе, в которой используется программа. У какой-то системы слабее функционал, но и она не требует слишком много к себе. Все зависит от того, что именно собираются проектировать. Потому что для простых деталей не имеет смысла ставить сложную систему, в которой имеются функции, с которыми даже не будут работать. Лучше поставить более простую систему и потратить на это меньше времени и денег.

САМ-системы позволяют существенно ускорить производственные процессы и снизить производственные затраты. Также они принципиально важны для того, чтобы улучшить качество и точность изготовления деталей и изделий. Кроме того, системы САМ позволяют быстро менять параметры обработки, что делает возможным производство деталей и изделий в различных вариантах.

Без сомнения, автоматизация технологической подготовки производства является ключевым фактором, который определяет эффективность производства. САМ-системы играют важную роль в создании современных качественных изделий, их точной обработке и снижении затрат на их производство.

**Интеграция CAD, CAM, PDM систем и процесса производства на основе PLM системы.**

Еще совсем недавно на производствах CAD, CAM, CAE и другие системы были желательны к использованию, но не обязательны. В связи с этим некоторые производства не использовали данные системы. Тогда не было доказано, что данные системы эффективны в использовании. Но с течением времени все изменилось. Теперь необязательные системы являются основополагающими для нормального функционирования производства. В связи с тем, что имеются большое количество систем, которые нужны для производства, стал вопрос об объединении всех систем в одно целое. С этой целью появляются системы управления жизненным циклом продукции – PLM-системы.

Для того, чтобы понять, как интегрировать вышеизложенным мною систем, нужно разобраться что представляет из себя PLM-системы.

PLM-системы представляют собой системы управления жизненным циклом продукции. С помощью данных систем появляется возможность управлять данными о продукции в информационном пространстве. PLM-системы проходят все стадии жизненного цикла продукции, начиная с проектировки и заканчивая доставки изделия до заказчика.

Получается, что PLM-системы есть не что иное, как объединение всех вышеупомянутых систем в единое целое.

PLM-система является совокупностью программного обеспечения, каждый из компонентов которой выполняет определённую функцию. PDM-система является главной частью PLM-системы, некоторые другие компоненты могут отсутствовать в данной системе, всё зависит от поставщиков услуг, однако, производители стараются использовать в своих продуктах PLM-систем как можно больше компонентов для использования её на многих предприятиях. Вторым компонентом по значимости предстаёт CAD-система, она необходима для управления инженерными данными, что является нужным на любом предприятии.

PLM – это не просто какая-то программа, это целый стратегический подход к бизнесу. Они применяют различные наборы интеллектуальных средств, для поддержания создания, управления, изменения и использования данных о товаре. Данные системы производят управление только находясь в цифровом виде.

Схематичное представление интеграции систем на основе PLM системы можно наблюдать на рисунке 13.



Рисунок 13 - Схематичное представление PLM системы.

Можно заметить, что все системы, все процессы, начинающиеся с проектирования и заканчивающиеся утилизацией, имеют взаимосвязь. Получается, что все системы имеют четкие задачи, без которых нарушается целостность производства, и, следовательно, производство товаров прекращается.

Самая суть PLM-систем была воссоздана для таких отраслей, как авиастроение, оборонно-промышленные комплексы, машиностроение, т.е. для тех отраслей, где производятся довольно сложные изделия. Но с течением времени PLM-системы стали появляться во всех отраслях производства. Получается уже не важно, что мы подразумеваем под словом «продукция». Это может быть все что угодно, начиная с простых станков и заканчивая сложными информационными системами.

Суть данных систем строится на трех основных задачах, которые имеют циклический характер, а именно:

- Жизненный цикл операционной составляющей;
- Жизненный цикл производства;
- Жизненный цикл изделия.

Эти три основные задачи можно представить в виде схемы, приведенной на рисунке 14.



Рисунок 14 –Задачи, решаемые PLM-системами.

Интеграция CAD-систем позволяет создавать трехмерные модели и документацию для проектирования продукта. САМ-системы позволяют программировать и контролировать производственное оборудование. PDM-системы управляют данными проекта, включая версии и ревизии документов.

PLM-система обеспечивает наилучшую интеграцию между этими системами. В рамках PLM возможно создание общей среды обмена данными между всеми участниками проекта в режиме реального времени. PLM-система позволяет автоматизировать процессы производства, снизить время на разработку и производство, уменьшить число ошибок при производстве и повысить качество продукции.

Но не стоит забывать, что для нормального функционирования PLM-систем на производстве должна быть хорошо развита IT-инфраструктура, а именно: должны иметься высокоскоростные сети, которые могут позволить мобильное расширение и изменение конфигурации; персонал, который будет работать с данными системами должен быть высококвалифицированным; должно быть современное оборудование и т.д.

Помимо всего прочего стоит вопрос о безопасности данных, которые хранятся в системе. В связи с этим IT-подразделению компании приходится решать вопросы по распределению прав доступа среди пользователей.

Конечно же интеграция систем управления жизненным циклом продукции на основе PLM-систем позволяет получать ряд преимуществ. Во-первых, это возможность точно контролировать проектирование продукта, процесс разработки и выпуска в производство. Во-вторых, это повышение эффективности и качества управления данными проекта с помощью PDM-систем. В-третьих, это возможность подключения САМ-систем для автоматического программирования оборудования и управления производственными процессами.

Интеграция CAD, САМ, PDM систем и процессов производства на основе PLM системы помогает компаниям эффективно работать со сложными проектами и сокращать время постановки их в производство.

### **Заключение.**

Безусловно, автоматизация инженерного проектирования в настоящее время занимает колоссальное место в разработке и создании так нужных нам изделий. Представить 100 лет назад, что человечество сможет без каких-либо серьезных усилий воссоздать тот или иной предмет, было практически нереально, но благодаря прогрессу это стало возможно. Перспективы развития данной отрасли идут огромными скачками.

Если большие промышленные предприятия хотят успешно производить товары, создавать качественные детали и аппараты, им просто необходимо внедрять передовые информационные технологии. Это связано с тем, что эти самые технологии могут решать абсолютно любые задачи, пусть это будут финансово-хозяйственные процессы или же управленческая деятельность. Без внедрения передовых информационных технологий большое предприятие просто не сможет существовать. Оно будет делать плохого качества товары и скорее всего разорится.

Автоматизация во всем мире стремительно развивается уже не первый десяток лет. Но в России пока что большую часть задач выполняют работники. В свою очередь в других развитых странах большинство задач на производстве уже выполняются роботами.

Если представить, что Россия постепенно догоняет развитые страны по внедрению роботов в производство, то для того, чтобы Россия стояла на одном уровне со всеми развитыми странами, ей необходимо внедрить в технологический процесс еще около 35 тысяч роботов.

Внедрение автоматизации в проектирование, разработку и управление различными процессами позволяет сократить время и увеличить производительность почти в три раза. Можно с уверенностью говорить, что для повышения качества продукции и повышения производительности просто необходимо внедрение автоматизации.

До недавнего времени внедрение САПР в бизнес-производство не было таким сложным, как казалось на первый взгляд. Сегодня в производстве находятся множество готовых к использованию САД-систем, стоимость некоторых работ чуть выше 500 долларов. Конечно, есть и бесплатные, которые можно скачать из интернета. Но нет никакой технической поддержки от них. И как они себя поведут, пока неизвестно.

### **Контрольные вопросы.**

1. Что такое автоматизация инженерного проектирования?
2. Какие классы автоматизации инженерного проектирования существуют?
3. На какие подходы можно разделить системный подход?
4. Основные этапы проектирования?
5. Что такое системы автоматизации инженерных расчетов(САЕ)?
6. Какие функции САЕ-систем являются основными?
7. Основные направления развития САЕ-систем?
8. Что такое системы автоматизированного проектирования(CAD)?
9. Основные этапы развития САД-систем.
10. Классификация САД-систем.
11. Что такое автоматизация технологической подготовки производства(CAM)?
12. Основные задачи САМ-систем
13. Сравнительная характеристика САМ-систем: ESPRIT, ADEM и SprutCAM.
14. Что такое PLM-системы?
15. Интеграция CAD, CAM, PDM систем и процесса производства на основе PLM системы.

### **Тестовые задания.**

1. Как давно человечество начало свой путь в автоматизации инженерного проектирования?

- А) 100 лет назад
- Б) 50 лет назад
- В) 30 лет назад
- Г) 70 лет назад
- Д) 80 лет назад

Правильный ответ: Г

2. В какой из отраслей начали использовать САПР в 50-х годах прошлого века?

- А) Кораблестроение
- Б) Авиастроение
- В) Машиностроение
- Г) Судостроение
- Д) Строительство

Правильный ответ: В

3. Какая аббревиатура у систем 2-х мерного и 3-х мерного геометрического проектирования?

- А) CAD
- Б) CAE
- В) CAPP
- Г) CAM
- Д) PDM

Правильный ответ: А

4. Какая аббревиатура у систем инженерного анализа?

- А) CAPP
- Б) CAM
- В) CAE
- Г) CAD
- Д) PLM

Правильный ответ: В

5. В каких отраслях используются САПР?

- А) военная промышленность
- Б) кораблестроение
- В) авиастроение
- Г) судостроение
- Д) все вышеперечисленные

Правильный ответ: Д

6. Что такое САМ системы?

- А) системы инженерного анализа
- Б) системы технологической подготовки производства
- В) системы управления данными об изделии
- Г) системы автоматизации производства
- Д) системы 2-х мерного и 3-х мерного проектирования

Правильный ответ: Г

7. Какие основные цели создания САПР?

- А) снижение трудозатрат на проектирование и планирование
- Б) увеличение качества и технико-экономического уровня итогов проектирования
- В) снижение времени проектирования

- Г) снижение цены проектирования
- Д) все вышеперечисленные

Правильный ответ: Г

8. Проектирование, с использованием знаний человека, возможностей ЭВМ и комплекса различных средств автоматизации, принято называть . . .

- А) автоматическим
- Б) ручным
- В) автоматизированным
- Г) любое из вышеперечисленных
- Д) ни одно из вышеперечисленных

Правильный ответ: В

9. На какие подходы можно разделить системный подход?

- А) структурный подход и объективно-ориентированный
- Б) блочно-иерархический и структурный
- В) объективно-ориентированный и блочно-иерархический
- Г) структурный, объективно-ориентированный, блочно-иерархический
- Д) системный подход нельзя разделить

Правильный ответ: Г

10. Какой подход включает в себя идеи разбиения сложных описаний объекта на более легкие составляющие?

- А) системный
- Б) блочно-иерархический
- В) объективно-ориентированный
- Г) структурный
- Д) ни один из перечисленных

Правильный ответ: Б

11. Какие основные этапы проектирования?

- А) техническое задание и технический проект
- Б) техническое задание и эскизный проект
- В) техническое предложение и технический проект
- Г) техническое задание, техническое предложение, эскизный проект, технический проект
- Д) ни один из перечисленных

Правильный ответ: Г

12. Какой этап проектирования занимает почти треть всего времени проектирования?

- А) вычерчивание модели
- Б) составление описания модели
- В) проектирования модели
- Г) прочие работы
- Д) расчет свойств и геометрии модели

Правильный ответ: А

13. Какой метод используется в САЕ-системах при решении дифференциальных уравнений?

- А) метод решения простых дифференциальных уравнений
- Б) метод конечных элементов
- В) метод Бернулли
- Г) метод Лагранжа

Д) любой из перечисленных

Правильный ответ: Б

14. На сколько этапов разработчики разделяют развитие САД-систем?

- А) на 1 этап
- Б) на 2 этапа
- В) на 3 этапа
- Г) на 4 этапа
- Д) на 5 этапов

Правильный ответ: В

15. Какая разрядность систем была необходима для проектирования моделей на втором этапе развития?

- А) 8-разрядная система
- Б) 16-разрядная система
- В) 32-разрядная система
- Г) 64-разрядная система
- Д) любая система подходила

Правильный ответ: В

16. Какая компания занимала ведущее место в поставках САМ-систем?

- А) Tebis
- Б) PTC
- В) Delcam
- Г) Dassault
- Д) Siemens

Правильный ответ: Г

17. Какие основные задачи выполняют САМ-системы?

- А) проектировка технологического процесса;
- Б) объединение программ управления с числовыми программами управления;
- В) моделирование процессов обработки;
- Г) построение траекторий движения инструмента и заготовки в процессе обработки;

Д) все вышеперечисленные

Правильный ответ: Д

18. Какую операционную систему рекомендуют использовать производители САМ-систем?

- А) Windows XP
- Б) Windows 7
- В) Windows 8
- Г) Windows 10
- Д) Windows 11

Правильный ответ: Г

19. Что такое PLM-системы?

- А) системы проектирования
- Б) системы управления жизненным циклом продукции
- В) системы управления данными об изделии

