|  |  |
| --- | --- |
| *voenmeh* | МИНОБРНАУКИ РОССИИ  федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  высшего образования  **«Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»**  **(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»)** |
| БГТУ.СМК-Ф-4.2-К5-01 |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Факультет |  | А |  | Ракетно-космической техники |
|  |  | шифр |  | наименование |
| Кафедра |  | А8 |  | Двигатели и энергоустановки летательных аппаратов |
|  |  | шифр |  | наименование |
| Дисциплина |  | Станки с ПУ и станочные комплексы | | |

РЕФЕРАТ

на тему

|  |
| --- |
| Математическое моделирование в машиностроении |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Выполнил студент группы | | | |  |  |
|  | | | | | |
| Фамилия И.О. | | | | | |
| **РУКОВОДИТЕЛЬ** | | | | | |
|  | |  |  | | |
| Фамилия И.О. Подпись | | | | | |
| Оценка |  | | | |  |
| «\_\_\_\_\_» |  | | | | 201\_г. |

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

201\_ г.

СОДЕРЖАНИЕ

[ВВЕДЕНИЕ 3](#_Toc535237297)

[1. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ 4](#_Toc535237298)

[1.1 Основные понятия и определения 4](#_Toc535237299)

[1.2 Классификация математических моделей 6](#_Toc535237300)

[1.3 Требования к математической модели 8](#_Toc535237301)

[1.4 Цели математического моделирования для технических объектов и технологических процессов 8](#_Toc535237302)

[2. САПР КАК ОБЪЕКТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ 10](#_Toc535237303)

[2.1 САПР в компьютерно – интегрированном производстве 14](#_Toc535237304)

[2.2 3D – моделирование в машиностроении 18](#_Toc535237305)

[2.3 Автоматизированное получение рабочих чертежей 19](#_Toc535237306)

[2.4 AutoCAD – практичная платформа для проектирования 20](#_Toc535237307)

[2.5 Трехмерное моделирование 21](#_Toc535237308)

[2.6 Визуализация проектных решений 24](#_Toc535237309)

[3. ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СВЕРЛЕНИЯ ЛАЗЕРОМ 26](#_Toc535237310)

[ЗАКЛЮЧЕНИЕ 29](#_Toc535237311)

[СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ 30](#_Toc535237312)

# ВВЕДЕНИЕ

Вторая половина XX века связана с появлением и широким распространением новой методологии исследования сложных объектов и систем. В ее основе лежит метод математического моделирования и реализованные на его основе вычислительные эксперименты. Математические модели использовались и раньше. Они позволяли уже тогда анализировать недоступные или несуществующие объекты и процессы. Например:

1) Планета Уран была открыта путем анализа возмущений орбит трех планет (Ливере).

2) К.Э. Циолковский показал, что для преодоления земного притяжения требуется первая космическая скорость, а не скорость света.

Однако считалось, что методы математического моделирования не пригодны для исследования сложных технических, экономических, биологических и социальных систем. В области техники отсутствие объективных математических методов привело, с одной стороны, к созданию многочисленных частных, так называемых инженерных методик расчета, носивших рецептурный характер, а с другой – к полному безраздельному господству эмпирики (натурных экспериментов).

Положение начало меняться во второй половине XX в. при развитии средств вычислительной техники, в частности современных ЭВМ, которое дало в руки исследователей новое эффективное средство моделирования сложных систем. В настоящее время не существует объектов, при изучении которых не применялись бы методы математического моделирования. Разработаны и активно используются математические модели технических устройств, модели разнообразных технологических процессов, экономические модели предприятий, регионов и целых государств, экологические модели, модели геологических и геофизических процессов, модели социальных систем, биологические и медицинские модели.

# 1. Математическое моделирование

## 1.1 Основные понятия и определения

С общих позиций математическое моделирование можно рассматривать как один из методов познания реального мира в период формирования так называемого информационного общества [1]. Центральное понятие данной темы: понятие математической модели, которое, как и ряд других понятий математического моделирования, не имеет строгого формального определения [1, 2]. В литературе по моделированию предлагаются следующие варианты:

* под математической моделью понимается класс абстрактных и символьных математических объектов – таких, как числа и вектора, и отношения между ними [3];
* математической моделью объекта называют совокупность абстрактных основополагающих математических понятий и отношений, выраженных при помощи системы математических символов и обозначений и отражающих некоторые свойства изучаемого объекта [3];
* под математической моделью понимается любой оператор А, позволяющий по соответствующим значениям входных параметров Х установить выходные значения параметров Y объекта моделирования [4].

Таким образом, математическая модель – совокупность математических объектов (уравнений, систем уравнений и неравенств, алгебраических выражений и т. д.), описывающих языком математических символов исследуемый объект и его отношения с окружающим миром. Это определение мы и примем за базовое в данной работе.

Под математическим моделированием будем понимать процесс установления соответствия данному реальному объекту некоторого математического объекта, называемого математической моделью, и исследование этой модели, позволяющее получать характеристики рассматриваемого реального объекта [3].

Особенность математического моделирования состоит в том, что абстрактным отражением существующего или создаваемого объекта является его математическая модель, количественный анализ которой позволяет получить новые знания об этом объекте [4].

Под математическим моделированием в технике понимают адекватную замену исследуемого технического устройства или процесса соответствующей математической моделью и ее последующее изучение методами вычислительной математики с привлечением средств современной вычислительной техники [8].

То есть математическое моделирование – это построение математической модели (или выбор имеющейся «модели-заготовки»), ее исследование с целью получения новой информации об объекте и использование для описания свойств и предсказания поведения объекта.

Математическое моделирование основано на том факте, что различные объекты и явления могут иметь одинаковое математическое описание. Говоря простым языком, математическая модель – это совокупность наших знаний об исследуемом объекте, сформулированных на языке математики.

Однако следует помнить, что наши знания об исследуемом объекте никогда не бывают абсолютными. Следовательно, математическая модель, как и любая другая модель, всегда является только копией объекта и описывает его приближенно. Можно назвать следующие преимущества математического моделирования по сравнению с натурным экспериментом [2]:

● экономичность (сбережение материальных, человеческих, временных и финансовых ресурсов);

● возможность моделирования гипотетических объектов;

●возможность реализации режимов, опасных или трудновоспроизводимых в реальности;

● возможность изменения масштаба времени;

● простота многоаспектного анализа;

● возможность построения прогнозов на основе выявления общих закономерностей;

● наличие и универсальность технического и программного обеспечения для моделирования.

## 1.2 Классификация математических моделей

Существует несколько схем классификации математических моделей. Все они достаточно условны. Одна из таких схем приведена на схеме 1.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Математические модели** | | | | | | |
|  | |
|  | | |  | |  | | | | |  |
| **Аналитические** | | | |  | | **Имитационные** | | | |
|  | |  |  |  | | |  |  | | |
| Теоретические | |  |  | Эмпирические | | |  |  | Теоретические | |
|  |  |  |  |
|  | |  |  |  | | |  |  | | |
| Линейные | |  |  | Нелинейные | | |  |  | Нелинейные | |
|  |  |  |  |
|  | |  |  |  | | |  |  | | |
| Статические | |  |  | Динамические | | |  |  | Динамические | |
|  |  |  |  |
|  | |  |  |  | | |  |  | | |
| Детермини-рованные | |  |  | Стохастические | | |  |  | Детермини-рованные | |
|  |  |  |  |
|  | |  |  |  | | |  |  | | |
| Аналитически  разрешимые | |  |  | Численно  разрешимые | | |  |  | Численно  разрешимые | |
|  |  |  | |

Схема 1 – классификация математических моделей

Все математические модели по использованному формальному языку можно разбить на аналитические и имитационные.

Аналитические – модели, в которых используется стандартный математический язык. Имитационные – модели, в которых использован специальный язык моделирования или универсальный язык программирования.

Аналитические модели могут быть записаны в виде формул или уравнений. Если какой-либо процесс не может быть описан в виде аналитической модели, его описывают с помощью специального алгоритма или программы. Такая модель является имитационной.

Аналитические модели в свою очередь разбиваются на теоретические и эмпирические модели. Теоретические модели отражают реальные структуры и процессы в исследуемых объектах, то есть, опираются на теорию их работы. Эмпирические модели строятся на основе изучения реакций объекта на изменение условий окружающей среды. При этом теория работы объекта не рассматривается, сам объект представляет собой так называемый «черный ящик», а модель – некоторую интерполяционную зависимость. Эмпирические модели могут быть построены на основе экспериментальных данных. Эти данные получают непосредственно на исследуемых объектах или с помощью их физических моделей.

По форме описания аналитические модели подразделяются на линейные и нелинейные.

Если все входящие в модель величины не зависят от времени, то имеем статическую модель объекта или процесса, в противном случае получаем динамическую модель.

В детерминированных моделях все взаимосвязи, переменные и константы заданы точно, что приводит к однозначному определению результирующей функции. Если часть или все параметры, входящие в модель по своей природе, являются случайными величинами или случайными функциями, то модель относят к классу стохастических моделей.   
В стохастических моделях задаются законы распределения случайных величин, что приводит к вероятностной оценке результирующей функции.

Если аналитическое исследование может быть доведено до конца, модели называются аналитически разрешимыми. В противном случае говорят о численно разрешимых аналитических моделях.

## 1.3 Требования к математической модели

Создание математических моделей является главным направлением современного процесса математизации наук (естественных, технических, гуманитарных). Выше было сказано, что для любого объекта можно построить множество моделей, в том числе и математических. Чтобы математическую модель можно было использовать для исследования реального объекта, она должна удовлетворять следующим требованиям [5]:

● быть практически полезной;

● быть адекватной реальному объекту;

● быть адекватной решаемым задачам.

Анализ использования моделирования многочисленными исследователями позволяет говорить о том, что математическая модель также должна отвечать следующим требованиям:

● быть простой в содержательном смысле и легко интерпретируемой;

● быть «адаптированной» к имеющимся исходным данным об объекте и легко модифицироваться при появлении новых данных;

● быть полной с точки зрения решаемых задач;

● быть ориентированной на психологию пользователя, простой и понятной ему;

● гарантировать отсутствие абсурдных результатов.

## 1.4 Цели математического моделирования для технических объектов и технологических процессов

Ранее нами уже были подробно изложены общие цели моделирования. С учетом специфики технических объектов и технологических процессов машиностроительного производства имеет смысл их конкретизировать и обозначить цели моделирования следующим образом[4]:

1. Помочь при решении задач стратегического и тактического управления. Существует иерархия задач управления технологическими процессами и комплексами. На верхнем уровне решаются задачи стратегического планирования и управления. На нижних уровнях – тактические задачи календарного планирования и текущего управления.
2. Заменить недопустимые на реальном техническом объекте опыты экспериментами на его модели

Опыты на реальном объекте заменяются компьютерными (вычислительными) экспериментами, что позволяет существенно повысить качество принимаемых инженерных и управленческих решений, снизить сроки и затраты на достижение оптимальных результатов.

1. Свести исследование реального объекта к решению математической задачи. Имеющееся в настоящее время математическое, программное, компьютерное обеспечение позволяет смоделировать и исследовать большое количество вариантов решаемой задачи, выбрать и обосновать наиболее целесообразное решение.
2. Получить эффективный инструмент исследования сложных систем и процессов. Математическое моделирование позволяет рассмотреть ряд одновременно протекающих в системе процессов и выбрать оптимальный инструмент их исследования.
3. Обобщить знания, накопленные об объекте. Модели служат как бы аккумуляторами знаний об объектах и выполняют особую смыслообразующую роль в системе научно-технических знаний.

# 2. САПР как объект проектирования

Проектирование является сложным творческим процессом целенаправленной деятельности человека, основанным на глубоких научных знаниях, использовании практического опыта и навыков в определенной сфере.

Автоматизированное проектирование – проектирование, при котором отдельные преобразования описаний объекта и (или) алгоритма его функционирования, осуществляются взаимодействием человека и ЭВМ (ГОСТ 22487).

Функции между человеком и ЭВМ должны быть рационально распределены. Человек должен решать задачи творческого характера, а ЭВМ – задачи, допускающие формализованное описание в виде алгоритма рутинного характера.

Преимуществом автоматизированного проектирования является возможность проводить на ЭВМ эксперименты на математических моделях. Это значительно сокращает дорогостоящее физическое моделирование. Математические модели при этом должны удовлетворять требованиям универсальности, точности, адекватности и экономичности.

Система автоматизированного проектирования (САПР) – комплекс средств автоматизации проектирования, взаимосвязанных с необходимыми подразделениями проектной организации или коллективом специалистов (пользователей системы), выполняющий автоматизированное проектирование (ГОСТ 22487).

Объектами проектирования в САПР могут быть здания, сооружения, металлорежущие станки и т.д., в САПР ТП – технологические процессы.

Проектирование по содержанию – это процесс переработки определенного объема различной информации. Входами такого процесса являются:

1. Замысел (цель) проектирования, выраженный в виде определенной совокупности условий и требований, которым должен удовлетворять искомый объект.
2. Средства, т.е. факторы, которыми можно варьировать при проектировании.

Выход процесса – такое описание искомого объекта, которое необходимо и достаточно для материально – вещественного воплощения идеи проектирования в конкретный физический объект (т.е. его информационная модель в виде схем, чертежей, спецификаций, технологических карт и другой документации).

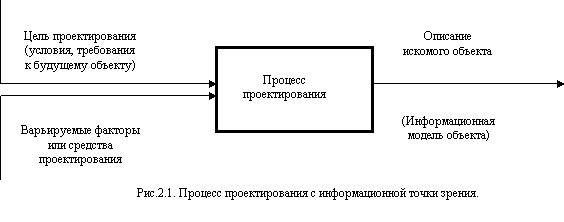


Рисунок 1 – Схема процесса проектирования

Таким образом, смысл процесса проектирования в любой САПР независимо от объекта проектирования один и тот же: получить в соответствие с замыслом такую информационную систему – модель, которая позволяет создать систему – оригинал, полностью соответствующую замыслу.

В процессе проектирования с помощью САПР в качестве промежуточных и окончательных решений используют математические модели:

* формы и геометрических параметров;
* структуры;
* временных и пространственно – временных отношений;
* функционирования;
* состояний и значений свойств объекта;
* имитационные.

Модели формы и геометрических параметров – это плоские и объемные изображения объектов проектирования, выполненные в соответствии с правилами ЕСКД, ЕСТД, ЕСТПП (чертежи, схемы, карты эскизов и т.д.).

Модели структуры – это кинематические, гидравлические, электронные и др. схемы. Для технологического процесса – это его структура, представленная, например, в виде маршрутной, операционной карты, а в процессе проектирования – в виде графа.

Модели временных и пространственно – временных отношений – это циклограммы, сетевые графики и т.д.

Модели функционирования – это, например, динамические и кинематические схемы, выполненные в режиме анимации.

Модели состояний и значений свойств объекта – это формальное (упрощенное) описание объекта (процесса) в виде отдельных формул, систем уравнений и т.д. Они предназначены для расчетов параметров объекта, проведения численных экспериментов (для технологического проектирования – это математические модели для расчета припусков и межпереходных размеров, режимов резания и т.д.).

Имитационные (статистические) модели позволяют, учитывая большую совокупность случайных факторов проигрывать (имитировать) на ЭВМ многочисленные и разнообразные реальные ситуации, в которых может оказаться будущий объект проектирования.

При создании и приобретении САПР и их составных частей необходимо руководствоваться следующими принципами:

* системного единства;
* совместимости;
* типизации;
* развития.

Принцип системного единства обеспечивает целостность системы и иерархичность проектирования отдельных частей и объекта в целом.

Принцип совместимости обеспечивает совместное функционирование составных частей САПР и сохраняет открытой систему в целом.

Принцип типизации предусматривает разработку и использование типовых и унифицированных элементов САПР. Типизируют элементы, имеющие перспективу многократного использования.

Принцип развития дает возможность пополнения, совершенствования и обновления составных частей САПР.

Современные САПР, в том числе и САПР ТП базируются на новых информационных технологиях. Вследствие этого для них характерен ряд признаков:

Объектно – ориентированное взаимодействие человека и ЭВМ. Пользователь работает в режиме манипулирования изображениями заготовок, деталей, сборочных единиц, со схемами, текстом и т.д. в реальном масштабе времени. В основу манипулирования заложено программирование соответствующих процедур, выполняемы ЭВМ. Человек видит информационные объекты, получаемые посредством средств вывода информации, и воздействует на них за счет средств ввода информации.

Сквозная информационная поддержка на всех этапах обработки информации на основе интегрированной базы данных. База данных предусматривает единую унифицированную форму представления, хранения, поиска, отображения, восстановления и защиты информации.

Безбумажный процесс обработки информации. Все промежуточные варианты и необходимые численные данные записываются на машинных носителях и доводятся до пользователя через экран монитора. На бумаге фиксируется только окончательный вариант документа: технологическая карта, карта эскизов и т.д.

Интерактивный режим решения задач, выполняемый в режиме диалога пользователя и ЭВМ. Новые информационные технологии требуют высокого интеллектуального уровня, профессиональной и психологической подготовки пользователя. Пользователь должен досконально знать принципы и все нюансы работы САПР, ее возможности, уметь свободно пользоваться средствами общения с компьютером, квалифицированно ставить задачи и осмысливать результаты их решения.

## 2.1 САПР в компьютерно – интегрированном производстве

 Одними из важнейших функций инженера являются проектирование изделий и технологических процессов их изготовления. В связи с этим САПР принято делить по крайней мере на два основных вида:

* САПР изделий (САПР И);
* САПР технологических процессов (САПР ТП) их изготовления.

Ввиду того, что на Западе сложилась своя терминология в области автоматизированного проектирования и она часто используется в публикациях, будем рассматривать и «западные» и отечественные термины.

САПР изделий. На Западе эти системы называют CAD (Computer Aided Design). Здесь Computer – компьютер, Aided – с помощью, Design – проект, проектировать. Т.е. по – существу термин «CAD» можно перевести как «проектирование с помощью компьютера». Эти системы выполняют объемное и плоское геометрическое моделирование, инженерные расчеты и анализ, оценку проектных решений, изготовление чертежей.

Научно – исследовательский этап САПР иногда выделяют в самостоятельную автоматизированную систему научных исследований (АСНИ) или, используя западную терминологию, автоматизированную систему инжиниринга – CAE (Computer Aided Engineering). Пример такой системы в России – «изобретающая машина», поддерживающая процесс принятия человеком новых нестандартных решений, иногда и на уровне изобретений.

САПР технологии изготовления. В России эти системы принято называть САПР ТП или АС ТППП (автоматизированные системы технологической подготовки производства). На Западе их называют CAPP (Computer Automated Process Planning). Здесь Automated – автоматический, Process – процесс, Planning – планировать, планирование, составление плана. С помощью этих систем разрабатывают технологические процессы и оформляют их в виде маршрутных, операционных, маршрутно – операционных карт, проектируют технологическую оснастку, разрабатывают управляющие программы (УП) для станков с ЧПУ.

Более конкретное описание технологии обработки на оборудовании с ЧЧПУ (в виде кадров управляющей программы) вводится в автоматизированную систему управления производственным оборудованием (АСУПР), которую на Западе принято называть CAM (Computer Aided Manufacturing). Здесь Manufacturing – производство, изготовление. Техническими средствами, реализующими данную систему, могут быть системы ЧПУ станков, компьютеры, управляющие автоматизированными станочными системами.

Помимо этого различают: систему производственного планирования и управления PPS (Produktionsplaungs system), что соответствует отечественному термину АСУП (автоматизированная система управления производством), а также систему управления качеством CAQ (Computer Aided Qulity Control). Здесь Qulity – качество, Control – управление. В России используется термин АСУК (автоматизированная система управления качеством).

Самостоятельное использование систем CAD, CAM дает экономический эффект. Но он может быть существенно увеличен их интеграцией посредством CAPP. Такая интегрированная система CAD/CAM на информационном уровне поддерживается единой базой данных.

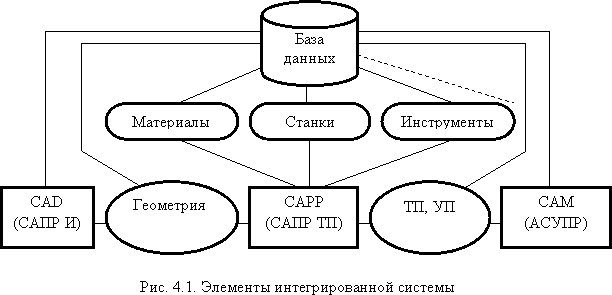


Рисунок 3 – Схема взаимодействий

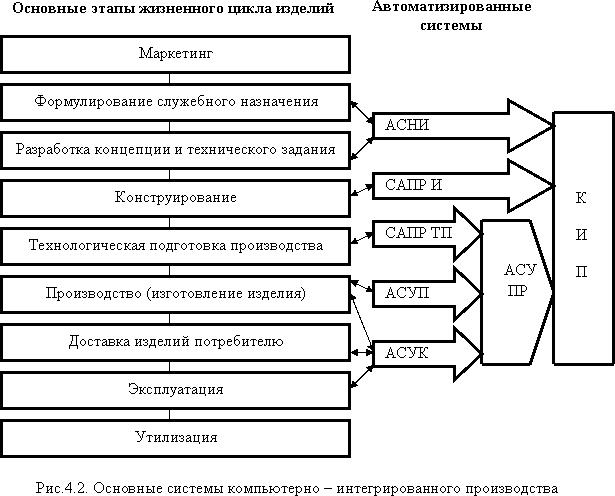


Рисунок 4 – Основные системы

Основные системы компьютерно – интегрированного производства (КИП) показаны на рис.4.

Этапы создания изделий могут перекрываться во времени, т.е. частично или полностью выполняться параллельно. На рис. 4.2. показаны лишь некоторые связи этапов жизненного цикла изделий и автоматизированных систем. Так, например, автоматизированная система управления качеством взаимосвязана практически со всеми этапами жизненного цикла изделия.

В настоящее время основной тенденцией в достижении высокой конкурентоспособности западных и российских предприятий является переход от отдельных замкнутых САПР и их частичного объединения к полной интеграции технической и организационной сфер производства. Такая интеграция связывается с внедрением модели компьютерно – интегрированного производства (КИП) или в западной версии CIM (Computer Integrated Manufacturing).

Информационная структура компьютерно – интегрированного производства показана на рис.4.

В структуре компьютерно – интегрированного производства выделяются три основных иерархических уровня:

1. **Верхний уровень** **(уровень планирования)**, включающий в себя подсистемы, выполняющие задачи планирования производства.
2. **Средний уровень (уровень проектирования)**, включающий в себя подсистемы проектирования изделий, технологических процессов, разработки управляющих программ для станков с ЧПУ.
3. **Нижний уровень (уровень управления)** включает в себя подсистемы управления производственным оборудованием.

Построение компьютерно – интегрированного производства включает в себя решение следующих проблем:

1. информационного обеспечения (отход от принципа централизации и переход к координированной децентрализации на каждом из рассмотренных уровней как путем сбора и накопления информации внутри отдельных подсистем, так и в центральной базе данных);
2. обработки информации (стыковка и адаптация программного обеспечения различных подсистем);
3. физической связи подсистем (создание интерфейсов, т.е. стыковка аппаратных средств ЭВМ, включая использование вычислительных систем).
4. Внедрение компьютерно – интегрированного производства значительно сокращает общее время прохождения заказов за счет:
5. уменьшения времени передачи заказов с одного участка на другой и уменьшения времени простоя при ожидании заказов;
6. перехода от последовательной к параллельной обработке;
7. устранения или существенного ограничения повторяемых ручных операций подготовки и передачи данных (например, машинное изображение геометрических данных можно использовать во всех отделах, связанных с конструированием изделий).

## 2.2 3D – моделирование в машиностроении

Подсчитано, что за предыдущее десятилетие более двухсот тысяч конструкторов-машиностроителей перешли от двумерных САПР к трехмерным, реализующим идею генерации компьютерных моделей с твердотельными свойствами.

Растущая конкуренция и необходимость сокращения сроков проектирования привели к тому, что за последние два года на трехмерное проектирование перешло столько организаций, сколько за все десять лет существования этой технологии.

Компания Autodesk, мировой лидер в разработке САПР выделила пять главных причин перехода на трехмерное моделирование.

1. Лучшее визуальное представление изделия

Конструкторы мыслят трехмерными образами, утверждают специалисты, т.е. работа в трехмерной среде помогает нам сократить время, необходимое для преобразования пространственного образа в двумерные чертежи. Твердотельное моделирование – более естественный способ выразить суть изделия. Лучшее визуальное представление изделия помогает и на последующих стадиях жизненного цикла проекта. Например, из модели можно автоматически получить изображение всех компонентов в разобранном виде, и использовать его в качестве иллюстрации в инструкции по сборке. Инженеры из фирмы «Autodesk», говорит: «Имея объемную модель, мы можем быстро объяснить ее устройство даже тем, кто раньше совсем не был с ней знаком. Поскольку все имеют дело с трехмерной конструкцией, стадии проверки и утверждения проекта длятся заметно быстрее».

Тонированные изображения, полученные по объемным моделям, более наглядны по сравнению с двумерными чертежными проекциями, а значит – более предпочтительны для презентаций и технических статей.

## 2.3 Автоматизированное получение рабочих чертежей

Одним из главных преимуществ трехмерного моделирования является возможность быстрого формирования чертежей. Виды в различных проекциях создаются автоматически. В качестве исходного материала для них служит объемная модель. Такая тесная связь двумерного и трехмерного пространств – важное положительное качество.

3.Легкость внесения изменений в проект

В трехмерную модель удобно вносить изменения, а чертежи после этого не надо формировать заново – достаточно вызвать команду их обновления. Трехмерные САПР позволяют использовать имеющиеся наработки, сокращая тем самым проектный цикл.

4. Интеграция с другими приложениями

Поскольку в трехмерных моделях содержится намного больше инженерной информации, чем в двумерных чертежах, другим важным преимуществом твердотельного моделирования является возможность использования результатов моделирования на последующих стадиях – например, в приложениях для инженерных расчетов или генерации программ для станков с ЧПУ. Сами разработчики изделий могут анализировать напряжения и деформации методом конечных элементов, выполнять кинематический и вариационный анализ. Возможные ошибки конструирования выявляются уже на ранних стадиях.

5. Сокращение сроков проектирования

Для многих проектировщиков самым главным преимуществом является сокращение сроков выполнения проектов, поскольку это их важнейший козырь в конкурентной борьбе. Типичное заявление руководителя проектной организации: «Мы просто обязаны предложить более сжатые сроки, или заказ уйдет к конкурентам». Другой результат сокращения сроков – ускорение отдачи от инвестиций. «Быстрее вывести новое изделие на рынок – значит не только сэкономить деньги на разработке, но и приблизить момент, когда вложения в изделие начнут приносить прибыль».

Самая популярная в мире среда автоматизированного проектирования, избранная многими разработчиками в качестве базовой графической платформы для создания машиностроительных, архитектурных, строительных, геодезических программ и систем инженерного анализа AutoCAD – разработка компании Autodesk – самая распространенная САПР, функционирующая в среде MS Windows.

AutoCAD – это традиционные, проверенные временем инструменты инженерной графики, трехмерного моделирования и визуализации, постоянно дополняемые новыми возможностями. Платформа AutoCAD обеспечивает впечатляющее повышение производительности труда в любой области деятельности, связанной с точным графическим представлением результатов, – от астрономических наблюдений до раскроя одежды. Функционал AutoCAD дополняют более 5000 специализированных программ-приложений для самых разнообразных отраслей.

## 2.4 AutoCAD – практичная платформа для проектирования

AutoCAD – это рабочий инструмент повседневного использования на каждом рабочем месте проектировщика.

Сотни миллионов специалистов во всем мире ежедневно создают в AutoCAD электронные документы или используют AutoCAD в качестве платформы для более специализированных приложений и настроек. В течение 35 лет AutoCAD эволюционировал от простейшего помощника при выполнении чертежей до мощной графической операционной платформы, потенциально объединяющей все этапы работы над проектом: разработку концепций, выполнение геометрических построений и расчетов, работу с атрибутами и базами данных, взаимодействие с многочисленными Windows-приложениями, оформление рабочей документации, презентацию решений, подготовку макета для печати, управление структурой электронного проекта, а также инструментарий для создания программных приложений.

Любой метод работы над проектом легко реализуется в среде AutoCAD. Выполняете ли вы схемы и чертежи, создаете ли сложную трехмерную модель, формируете табличный отчет или спецификацию – работа выполняется в AutoCAD качественно и в кратчайшие сроки. Графические стандарты AutoCAD – единственные действительно ставшие мировыми промышленными стандартами САПР. Они используются в десятках миллиардов технических документов по всему миру.

На протяжении многих лет разработчики совершенствуют AutoCAD с учетом потребностей специалистов различного профиля, делая продукт всё более гибким и удобным в использовании. Новые версии AutoCAD не просто обеспечивают проектировщика инструментами для черчения – они позволяют ему творить, используя все возможности работы с двумерной графикой и моделирования в виртуальном трехмерном пространстве.

## 2.5 Трехмерное моделирование

Если вы не хотите идти затратным путем проб и ошибок, необходимо использовать трехмерное моделирование – как самую эффективную методику проектирования с наглядной обратной связью. 3D-моделирование позволяет проектировщику быть уверенным, что его разработка адекватно отражает идею. Процесс создания и редактирования трехмерных моделей в AutoCAD одновременно логичен и интуитивен. Он дает специалисту возможность воспользоваться профессиональными знаниями в области начертательной и аналитической геометрии, существующей проектной методологией создания изделий из деталей, конструкций из элементов и т.д. В программе реализована различная математика формирования трехмерных объектов, существуют каркасные объекты (обычные 2D-примитивы с атрибутом координаты Z), сплошные тела (использующие математику «твердого тела» ACIS, разработанную Spatial Technology), традиционные топологические поверхности, «твердотельные» полигональные поверхности (использующие математику «твердого тела» ACIS) для взаимодействия с «твердыми» телами. Трехмерные объекты могут создаваться непосредственно или путем преобразования простых двумерных объектов чертежа (отрезков, дуг, полилиний, сплайнов) либо импортироваться из других программ.

В AutoCAD вы можете эффективно совершенствовать ваши идеи, имея в своем распоряжении новые и улучшенные возможности:

* создания тел и поверхностей;
* управления геометрическими параметрами тел и поверхностей;
* преобразования тел в поверхности и обратно;
* операций взаимодействия тел и поверхностей.

Для создания самых сложных геометрических форм предусмотрены инструменты Сдвиг и по сечениям.

Трехмерные объекты можно создавать из заранее созданных двумерных: различных линий, дуг, сплайнов и т.д. Такие примитивы могут использоваться как образующие профили либо как траектории движения этих профилей.

Вы можете создать любую геометрическую форму, используя готовые элементы чертежа.

Для более быстрого создания трехмерных объектов в AutoCAD предусмотрен специальный экранный сервис.

Например, если вы рисуете параллелепипед, на экране динамически отображаются его размеры, расположение. Вы можете ввести размеры, используя средства динамического ввода, или просто перемещать курсор, чтобы визуально указать длину, ширину и высоту.

Для быстрого переопределения системы координат функция Динамическая ПСК автоматически переключает текущую рабочую плоскость, избавляя вас от необходимости «вручную» изменять положение пользовательской системы координат. Динамическая ПСК доступна по умолчанию, вы можете включать или отключать соответствующую опцию в панели статуса. Включите опцию и проведите курсором вдоль кромки грани – грань подсветится, показывая, что она была использована для установки временной системы координат.

Кроме того, вы можете:

* управлять видом курсора;
* указывать, когда именно следует показывать значок пользовательской системы координат;
* использовать для ввода координаты Z перемещение мыши и экран;
* задать правила удаления объектов, по которым создаются тела и поверхности;
* указать число линий образующего каркаса для поверхностей;
* зафиксировать значение зуммирования при вращении колеса мыши;
* задать настройки навигации при создании анимации камеры.

Созданная трехмерная модель служит не только для того чтобы наглядно продемонстрировать проектную идею и визуально проверить компоновку. Главная цель – решение геометрической задачи проецирования, то есть получение по трехмерному объекту набора 2D-линий, дуг, штриховок на установленную пространственную плоскость. Вы можете установить плоскость проецирования так, чтобы получить «заготовки» планов, фасадов, разрезов, местных видов – это экономит массу времени при работе над рабочим чертежом-документом.

Реализованный в AutoCAD функционал создания плоскостей проецирования позволяет добавить в вашу модель любые секущие плоскости (используется инструмент Секущая плоскость). После того как секущая плоскость создана, вы можете преобразовать ее в секущую область или секущий объем, использовать «ручки» для редактирования ее положения, размера и стороны отсечения. Меню, вызываемое нажатием правой клавиши мыши, позволит вам контролировать видимость отсеченной геометрии и генерировать любые 2D- и 3D-проекции, а также добавлять к существующей плоскости проецирования дополнительные плоскости для создания сложных сечений. Существуют многочисленные настройки, которые позволяют сформировать готовую проекцию максимально похожей на готовый чертеж – с выделенной контурной линией плоскости сечения, штриховкой, определением «невидимых» линий и т.д.

## 2.6 Визуализация проектных решений

Возможности трехмерного моделирования неотделимы от способов визуального представления трехмерных объектов.

Выразительность представления проектного замысла – одна из главных задач работы инженера, дизайнера, архитектора. AutoCAD предоставляет для решения этой задачи самые широкие возможности.

Все действия, относящиеся к визуализации, укладываются в четкую последовательность – это позволяет выполнить работу с гарантированно высоким качеством и за короткое время:

* использование навигации в 3D-пространстве, настройка и запись изометрического или перспективного вида;
* настройки представления вида (настройки камеры);
* создание и настройка источников света, определение общей освещенности «сцены» визуализации;
* выполнение пробного тонирования (Render), проверка общих настроек вида и освещения;
* создание и наложение материалов-текстур с использованием технологии Autodesk 3ds Max;
* тонкая корректировка настроек тонирования, настройка режима Radiosity;
* выполнение высококачественного тонирования или создание видеоролика.

В современном AutoCAD имеются все средства для выполнения самых сложных задач рендеринга: тонкая настройка фильтров управления сглаживанием при антиальясинге, определение количества и величины фоточастиц, управление величиной отклонения отраженного луча для создания каустик-эффекта, моделирование цветных рефлексов, атмосферный эффект и т.д. Сочетая эти средства с мощным редактором процедурных материалов Autodesk 3ds Max, вы можете добиться потрясающих результатов при работе.

Для текущей работы архитектору и дизайнеру предлагается использовать различные стили экранного представления с имитацией «ручной» художественной графики.

# 3. Построение математической модели сверления лазером

Примером аналитической теоретической модели может служить модель, описывающая глубину отверстия при лазерном сверлении.

Резание и сверление металлов весьма важно для многих областей техники. Значительный интерес представляет создание новых устройств, предназначенных для специальных материалов, а также для тех случаев, когда желательно обеспечить некоторую степень автоматизации указанных процессов. В последнее время для этого были предприняты попытки использования мощных лазеров.

Основная идея состоит в том, чтобы сфокусировать значительную мощность на малой площади поверхности материала, создавая таким образом интенсивный нагрев и испарение с последующим образованием отверстия. При сверлении необходимо постараться обеспечить такие условия процесса, чтобы проделанное отверстие прямо проходило сквозь материал, и избежать, таким образом, затекания расплавленного металла обратно в отверстие и застывания его там.

Построим математическую модель, главная применимость которой – глубокое сверление. При помощи модели попытаемся ответить на вопрос, как быстро можно проделать отверстие, используя пучок излучения высокой мощности, и на какую глубину.

Рассмотрим высокоэнергетический пучок лазерного излучения, сфокусированный на малом участке поверхности металла (Рис. 2.1). Определенная доля энергии поглощается, а остальная часть отражается. Поглощение энергии происходит внутри слоя, толщина которого много меньше миллиметра, вызывает поверхностный нагрев материала и рост температуры поверхности. Температура растет не безгранично. Существует два процесса, ограничивающие рост температуры:

*W*

*S*

***A***

Рис. 5

перенос тепла в глубь материала от нагретых к холодным участкам, обусловленный теплопроводностью;

испарение. Когда температура материала достигает точки кипения, скрытое тепло поглощается без дальнейшего увеличения температуры в процессе испарения материала.

При удалении пара от поверхности материала в металле образуется выемка.

Задача количественного описания этого процесса и вызывает необходимость математического моделирования.

Будем рассматривать модель, описывающую процесс разрушения материала, при котором вся энергия лазерного излучения используется только для испарения материала.

Этот предельный режим испарения может возникать двумя путями:

* когда энергия поступает на поверхность слишком быстро, так что тепло не успевает распространиться в глубь металла;
* плотность мощности пучка постоянна, а распределение температуры впереди границы области испарения приближается к стационарному.

Предположим, что мощность W распределена по некоторой площади А поверхности; излучение приложено по нормали к поверхности (рис. 5). За интервал времени Δt поступает энергия W⋅Δt. Пусть глубина возникающей выемки равна ΔS, тогда объем испарившегося материала равен A⋅ΔS. Используя закон сохранения энергии, получим

h⋅ρ⋅A⋅ΔS = W⋅Δt,

где h – количество тепла, требуемое для испарения единицы массы материала; ρ – плотность материала.

Преобразуем это выражение и положим Δt → 0, получим скорость роста глубины выемки:

.

Это уравнение показывает, что для любого материала предельная скорость пропорциональна плотности энерговыделения W/A. Интегрируя это уравнение и полагая S = 0 при t = 0, найдем глубину выемки в произвольный момент времени:

, или

,

где E(t) – полная энергия, выделенная источником за промежуток времени (0, t).

Таким образом, в предельном режиме испарения глубина выемки зависит только от полной энергии, поступившей на поверхность. Формулы представляет собой теоретическую аналитически-разрешимую динамическую детерминированную модель.

На практике всегда существует перенос некоторого количества тепла в материал за счет теплопроводности. Общая задача движения границы раздела фаз с учетом теплопроводности известна как задача Стефана. Ее решение представляет определенные математические трудности.

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В любом производстве заложена идеальная экономико-математическая модель, с которой проводится постоянное сравнение реального положения вещей.

В настоящие время, в связи с повышением требований к производительности механической обработки, с одной стороны, и с широким внедрением в промышленность электронно-вычислительных машин с другой, встал вопрос о пересмотре методов поиска наиболее эффективных схем обработки детали.

Современные ЭВМ обладают огромными возможностями для совершенствования проектирования вообще и процесса проектирования эффективных схем механической обработки в частности. Они дают возможность с предельной быстротой и точностью решать самые сложные аналитические задачи, осуществлять анализ получаемых результатов, отыскивать оптимальные параметры для конструкции и, в. конечном счете, позволяют полностью автоматизировать процесс проектирования.

# Список используемых источников

1. Системы автоматизированного проектирования изделий и технологических процессов в машиностроении. Под. ред. Р.А.Алика. Ленинград, Машиностроение, 1986

2. Автоматизация труда технолога - машиностроителя. В.Г. Слипченко, А.П.Гавриш. Киев “Техника” 1991.

3. Автоматизированное проектирование и производство в машиностроении. Под общей ред Ю. М. Соломенцева. М:, «Машиностроение», 1986.

4. Ли. Кунву. САПР. Общие вопросы. Изд-во ISBN, 2005

5. Майкл Е. Белл и др. Внутренний мир Autocad. Новые возможности. Издат-во «ДиаСофт», Киев, 1999.

6. Антон Алексеев. AutoCAD 2000. Специальный справочник. Санкт-Петербург, Москва-Харьков-Минск, 2001.

7. Н. Полещук VisualLISP и секреты адаптации AutoCAD. Дюссельдорф – Киев – Москва - Санкт-Петербург. 2001.

8. Р.И.Гжиров, П.П.Серебрицкий. Программирование обработки на станках с ЧПУ, Ленинград, Машиностроение, 1990.