

УДК 658.512.2

## ГРАФИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГРАММ САПР

**Михаил Сергеевич Колдин**

кандидат технических наук, доцент

koldinms@yandex.ru

**Анастасия Сергеевна Буцких**

студент

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

**Аннотация.** Развитие технических наук привело к рассмотрению геометрических моделей, а позже к их конструированию. В статье будут рассмотрены возможности, которых смогли добиться учёные инженеры, в программах по проектированию изделий.

**Ключевые слова:** САПР, проекции, программа, каркасная модель, графический процессор.

Как и у всего существующего на земле у автоматизированного проектирования есть прошлое. Середина 20 века ознаменовала появление и расширение сфер применения компьютеров, а они в свою очередь вносили положительные моменты в моделирование, правда не настолько значительные как в современном мире. В 1960 система автоматизированного проектирования (САПР) применялась в авиации, безусловно не оставив без прогресса и средства графического моделирования. Уже в конце 20 века была возможность моделировать трехмерные изображения с детализацией, благодаря чему в начале 21 века сформировалась четкая классификация средств автоматизации проектирования [1, 5]. Подсистемы и компоненты САПР представлены на рисунке 1.

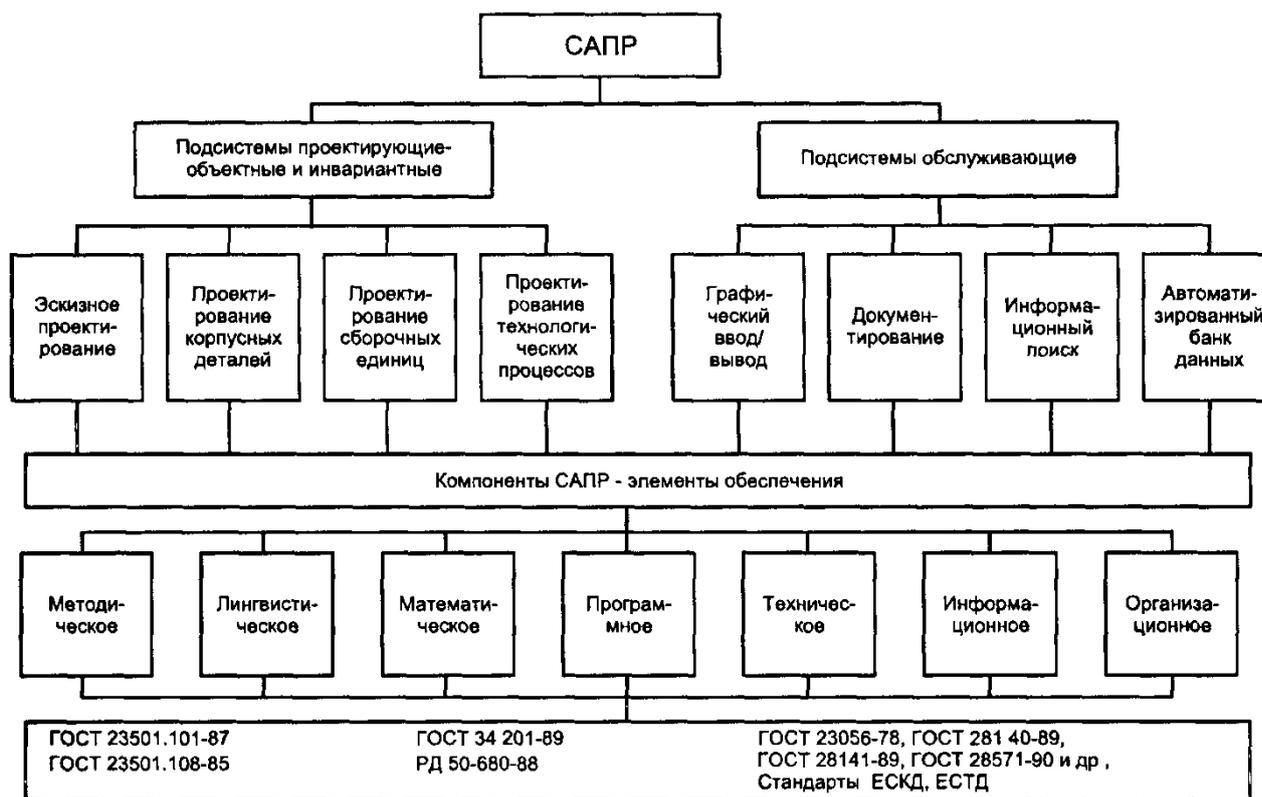


Рисунок 1 - Подсистемы и компоненты САПР.

Машиностроение основано на построении моделей в математической и геометрической проекциях. Конструирование деталей служит источником появления на свет новых, высокоорганизованных и важных для современного мира машин. Создание детали, как правило, состоит из её проекций в разных плоскостях и других важных элементов: размер, масса, цвет, материал.

Построенные в программе модели используются первую очередь для визуализации, анализа конструкции, что бы предотвратить вероятные недочёты в реализации детали на производстве [2].

Перед выходом в оборот элемент проходит определенные стадии создания. Первым является получение проектного разрешения, в виде геометрического чертежа. Вторым следует корректирование нюансов при создании детали. При упоминании математическом обеспечении принято понимать модели, методы и алгоритмы для моделирования детали в возможных проекциях. Именно поэтому математическое обеспечение подготовки к выпуску детали называют математическим обеспечением машинной графики.

Существует двумерное и трехмерное математическое моделирование. В первом случаи речь идет о чертежах (2D) чаще всего используется в электронной промышленности. Развитое машиностроение использует оба варианта конструирования, так как трехмерное проектирование используется для построения геометрических тел и конструкций. Такие модели делятся на следующие типы: каркасные, поверхностны, объемные [2, 3].

Каркасная модель представлена линиями находящимися в трех проекциях ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ). Такой шаблон имеет множество линий, начало и конец, которые имеют свои координаты. Для основы построения детали это является одной из первых стадий работы с ней, однако каркасный тип модели мало используется как окончательной этап моделирования.

Если затронуть поверхностную модель, можно увидеть, что это огромный ее плюс среди других видов, так как это явная визуализация самой проектной детали. С помощью заданных граней моделированного примера выстраиваются границы «заливки» объемных выступов в детали, что создаёт более понятный мастеру вид. Поверхность произведённой детали может отличаться особой сложностью и будет называться скульптурным покрытием. Примерами служит корпуса автомобилей, кораблей и других сложно построенных проектов.

Объемные детали изображаются в разных проекциях для полностью собравшегося вида. Они имеют преимущество, так как на таких чертежах можно рассмотреть общий вид, размеры и особенности построения детали.

В конструировании существует два вида тел. Первым, хочется выделить уже рассмотренные тела с замкнутым объёмом, они будут представляться многообразиями. Такие модели включают в себе «пространство» оперируя разными видами границ. Вторым типом будет уже противоположность первому – не многообразные модели. В первую очередь они отличаются небольшой специфичностью для работы с обычными деталями в отличие от конструирования нескольких изделий в 3д и 2д сразу. Такие модели тел могут касаться друг друга в одной точке или вдоль прямой.

Существует несколько подходов к построению геометрических моделей [4, 5].

Первое что представляется при построении изделий это его границы, то есть ребра, стенки поверхности. Если представить такую деталь, то задать её в программе можно будет всего лишь с помощью установок граней и вершин ребер. Для более сложных проектов используют уравнения или функции создания примитивов.

- Заметание является основой проектирования, то есть создание двухмерной основы перемещение которой в разных плоскостях приводит к созданию поверхности.
- Натягивание имеет прямую функцию натягивания поверхности на заданные контура.
- Сопряжение функционировало, как округление острых границ изделия.

Методы переноса проектированной детали в программу также различаются.

Первым для рассмотрения будет представлен позиционный метод, имеющий и другое название, такое как декомпозиционный. Суть метода заключается в разбиении пространства на ячейки, в результате чего изделие будет состоять из этих маленьких пространств. Данные звенья имеют

разнообразную форму, такую как параллелограмм, квадрат или другие геометрические детали планиметрии и стереометрии. Бывают и исключения это немного не стандартные для общего вида пространства, отличающиеся от других ячеек находящихся в границах изделия. Количество пространств заключённых в деталь определяет точность её перенесения в программу, однако с большим количеством таких ячеек увеличивается и громоздкость проекта.

Следующей техникой для проецирования детали в программе будет метод конструктивной геометрии [4]. Заключается он в формировании из сложной детали совокупность простых геометрических форм, над которыми будут производиться теоретические операции. Проще говоря, фигуры в трехмерной проекции могут быть созданы изменением траектории, удалением частей или других действий над планиметрическими формами. Применяется при конструировании сборочных узлов.

Только что рассмотренный метод положил начало ещё одному так называемому Конструктивному представлению объёмной геометрии. Данная практика служит прямой инструкцией применения операций для создания геометрических моделей.

Выводом перечисления методов будет являться их общая принадлежность к векторной системе. В современных рабочих станциях используются растровые дисплеи, поэтому приходится из векторной системы переводить в растровую форму. Процедура пропорционально обратная предыдущей называется векторизацией.

Описание поверхности модели является важным аспектом в построении детали [5-7]. Если изделие простое, то оно будет задано гранями, ребрами, которые можно обтянуть поверхностью, что и является методом конструированной геометрии данный метод можно рассмотреть и для более сложных деталей. Важную функцию имеет поэтапность создания 3D изображений в виде полигонального моделирования (полигональными сетками). Под первым этапом принято воспринимать процесс, создающий из поверхности множество многоугольников. Вторым действием будет

геометрическое преобразование, третий этап создает двумерное изображение из полученных ранее прямоугольников. Данный метод применяется к плоским формам, так как в ином случае это будет не удобно и затратно.

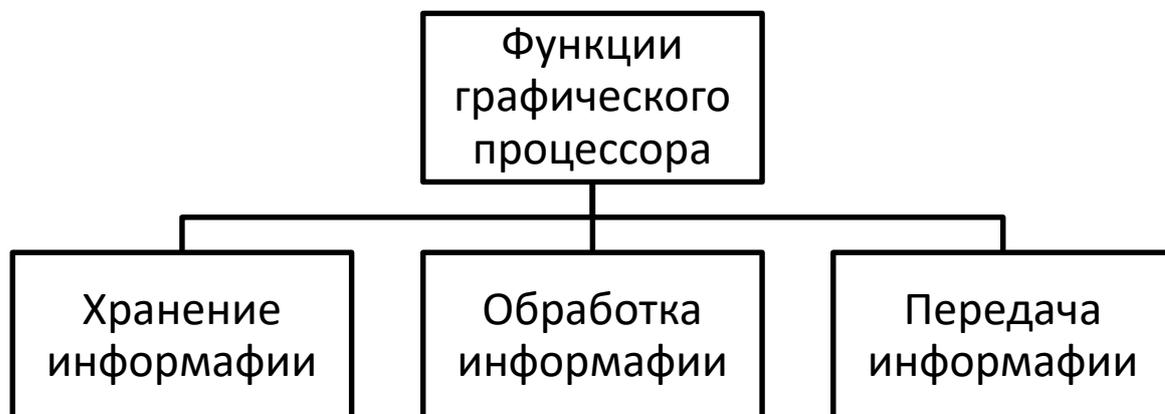


Рисунок 2 - Функции графического процессора.

Важнейшую роль в проектировании детали имеет графический процессор (ГП). Его функции представлены на рисунке 2. Когда в ГП поступают данные о новом изображении детали первым делом проходят обработку в вершинном процессоре, здесь подразумевается геометрическое моделирование и параметры вершин. На данном этапе возможны изменения формы проектированной детали. В дальнейшем вершины будут соединены линиями, что поспособствует созданию каркасной модели. Позже изделие попадает в пиксельный процессор, благодаря чему деталь приобретает цвет пиксела и Z-значение для последующего этапа. Инструментом следующего этапа будет пиксельный шейдер, данная программа имеет прямое отношение к работе с самими пикселями. Она тесно связана с цветом, фактурой прозрачностью частички элемента. В этой программе есть множество фишек, благодаря которым макет изделия станет еще более правильным в плане точности проектирования. Примером служит возможность отсекания частей детали с помощью изменения данного объекта на цвет буфера.

Графический процессор будет прогрессировать с увеличением работ и задач, которые будет выполнять одновременно. Параллельная многозадачность

развивает совместное выполнение требований, что приводит к облегчению работы.

Преимуществами использования программы САПР являются точность и надёжность, это достоинство самое важное требование в проектировании [7]. Экономия времени и ресурсов сопровождаются обновлениями самой программы, для большей продуктивности в работе. Гибкость платформы располагает для длительной работы с не простыми изделиями. Последним перечисленным фактором хотелось бы отметить масштабируемость, так как программа обеспечит комфортную работу даже для больших деталей, без потери точности.

Возможности САПР очень важны в современных достижениях науки. Построение схем, создание виртуальных объектов, редактирование деталей в процессе конструирования всё это является лишь маленькой частью преимуществ программы. В области машиностроения это проявляется куда значительнее. Платформа упрощают процесс разработки деталей и сборочных единиц, позволяя инженерам проводить виртуальные испытания, что сокращает количество ошибок компании. Помимо этого, комплекс помогает разрабатывать схемы, печатные платы и другие элементы электронной аппаратуры.

#### **Список литературы:**

1. Моделирование в САПР: Современные Подходы и Возможности // Справочник проектировщика. – URL: <https://seniga.ru/modelirovanie-v-sapr.html>
2. Программы для проектирования зданий и сооружений // Справочник проектировщика. – URL: <https://seniga.ru/stat/2181-programmi-dlya-proektirovaniya-zdaniy-i-sooruzhenii.html>
3. Развитие 3D моделирования // Справочник проектировщика. – URL: <https://seniga.ru/stat/1996-razvitije-3d-modjelirovanija.html>
4. Манаенков К.А., Колдин М.С. Подготовка инженерных кадров для реализации программ научно-технического развития АПК // Интеллектуальные

технологии и техника в АПК. Материалы международной научно-практической конференции 18-20 октября 2016 г. Мичуринск: Изд-во «БИС», 2016. С. 26-37.

5. Хубаева А. Е., Бородкина С.В., Колдин М.С. САПР в компьютерно - интегрированном производстве (КИП) // Наука и Образование. 2021. Т. 4. № 2. EDN: UDJEBZ

6. Хубаева А. Е., Бородкина С.В., Колдин М.С. Применение CAD-систем при проектировании деталей машин на примере пакета КОМПАС-3D // Наука и Образование. 2021. Т. 4. № 2. EDN: ZSZRGL

7. Хубаева А.Е., Колдин М.С., Ланцев В.Ю. Роль САПР в жизненном цикле продукта // Наука и Образование. 2020. Т. 3. № 3. С. 148. EDN: BAABHP

**UDC 658.512.2**

## **GRAPHICAL CAPABILITIES OF CAD PROGRAMS**

**Mikhail S. Koldin**

candidate of technical sciences, associate professor

koldinms@yandex.ru

**Anastasia S. Butskikh**

student

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

**Annotation.** The development of technical sciences led to the consideration of geometric models, and later to design. The article will examine the opportunities that scientists and engineers have been able to achieve in product development programs.

**Keywords:** CAD, projections, program, wireframe model, constructed geometry method, graphics processor.

Статья поступила в редакцию 10.05.2025; одобрена после рецензирования 20.06.2025; принята к публикации 30.06.2025.

The article was submitted 10.05.2025; approved after reviewing 20.06.2025; accepted for publication 30.06.2025.