

## МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ОПИСАНИЯ ДЕТАЛЕЙ И ЗАГОТОВОК ДЛЯ ЗАДАЧ САПР ТП

Батурин В.Н

С развитием информатизации общества, широким применением на производствах ЭВМ и средств автоматизации проектирования повысилась роль математики в представлении конструкций деталей и заготовок. В середине прошлого века они представлялись практически только в двух формах: в виде реальной модели, изготовленной из машиностроительного материала и в виде чертежа, рисунка или фотографии на бумаге. Расчеты, вычисления, схемы и другие виды информации характеризовали отдельные свойства объекта и не отражали его в комплексе, по ним нельзя было построить деталь на плоскости и тем более в пространстве. Позднее, в конце века, с приходом вычислительной техники, работавшей в автоматическом режиме, начали использовать конструкторско-технологические классификаторы деталей. По ним можно было осуществлять целенаправленный отбор деталей или их конструктивных элементов по критериям, ранжировать их, находить родственные, использовать полученные данные для разработки программных продуктов, позволяющих автоматизировать проектирование технологических процессов изготовления деталей и заготовок. Так, широко известны разработанные в это время САПР ТП, построенные на принципах типовых и групповых технологий. Однако, кодировка деталей в этих системах представляла собой крайне трудоемкий и рутинный процесс с высокой вероятностью ошибок.

С развитием средств автоматизации стали возникать новые модели описания деталей и заготовок. Это было продиктовано целями: сократить время проектирования, повысить его качество и особенно уровень автоматизации используемых систем. Системы, в которых более 75% задач автоматически решается компьютером, относятся к высокоавтоматизированным. Надо отметить, что конец прошлого века был замечателен наличием таких систем, которые, работая в автоматическом режиме, выводили операционные и маршрутные карты с рассчитанными технологическими режимами и нормами времени. Эти системы были способны назначать технологические базы, устанавливать последовательность обработки поверхностей деталей и решать другие трудно формализуе-

мые инженерные задачи. На разработку этих сложных интеллектуальных систем затрачивалось громадное количество человеко-часов.

С приходом на смену «пакетной» техники персональных диалоговых вычислительных машин на первом этапе уровень систем резко снизился. Это связано с тем, что появилась возможность диалога с ЭВМ, которая позволила при формировании проектного продукта эксплуатировать знания пользователя. На него переложили трудно формализуемые задачи и даже часть типовых расчетов, эффективно выполнявшихся на старых машинах. В это время появилось большое количество систем информационно-поискового характера, имеющих низкий уровень автоматизации. На следующих этапах с развитием быстродействия машин, увеличения объемов памяти созданы интересные системы конструкторско-технологического назначения, которые в качестве моделей детали для разработки технологии использовали объемную трехмерную модель. Были разработаны программные обеспечения, которые позволили использовать информацию с объемного чертежа. Однако, многие проблемы до сих пор не решены. Так, при работе известных интегрированных конструкторско-технологических САПР пользователю задаются вопросы о тех параметрах, которые компьютер не смог «распознать» с объемной модели. Так, в системах Cimatron, PRO Engineering и других у пользователя запрашиваются глубина резания, диаметр фрезы, ширина фрезерования, параметры точности и другие данные.

По нашему мнению, основной принцип моделирования деталей и заготовок связан с возможностью автоматизировать переход от одной модели к другой. Иными словами автоматизировано преобразовывать модели в нужный вид в зависимости от решаемой инженерной задачи. Исходной моделью при этом является реальная модель детали или заготовки либо их чертеж. Одной из эффективных форм компьютерных моделей объектов является матричная. Она позволяет достаточно достоверно воспроизвести конструкцию объемной детали. При этом основным фактором, который подтверждает достовер-

ность матричной модели является возможность обратного перехода – построения детали по заданной матрице. Большинство используемых параметрических и иных моделей это позволить не могут. Матричная модель имеет большие преимущества в отличие от графических. Во-первых, ее можно математически разбить на конструктивные элементы и этот процесс автоматизировать. Во-вторых, с матрицей в целом и с ее параметрами можно проводить математические, логические и логико-алгебраические операции. В ходе решения этих операций могут быть решены задачи сравнения матриц, рассчитаны степени их родства, выявлены общие элементы и т.п. Результат действий компьютера с матрицами – это результат его действий с деталями. Напрямую с деталями, чертежами, объемными моделями компьютер такие результаты получить не может. С помощью упомянутых выше классификаторов эти задачи компьютером решаются неэффективно.

В матрицах можно использовать различные конструкторские связи, возникающие в деталях. К основным следует отнести связи поверхностей по видам их сопряжения, по точности их расположения и по связям их с помощью размеров. Видов поверхностей в машиностроительных деталях набирается меньше десятка. В целом, теоретически, процесс построения матриц деталей не является сложным. Нужно аккуратно использовать регламентированные формальные правила. Однако, с позиции пользователя, этот процесс длительный, достаточно трудоемкий и рутинный. Поэтому, не нужно и нет смысла озадачивать пользователя этой работой. Матрицы эффективно составляются компьютером в ходе диалога с пользователем. В этом случае процесс протекает гораздо быстрее и интереснее. Нами совместно со студентами в среде VBA Excel была разработана программа автоматизированного построения матричных моделей деталей и заготовок. Эта программа позволяет формировать информационную базу конструкций деталей. Ранее была разработана методика, позволяющая рассчитывать степень родства матриц и таким образом производить ранжирование деталей по отношению к проектируемой. На базе этой методики также совместно со студентами нашей специальности разработано программное обеспечение в среде VBA Excel.

Программы прошли апробацию. Развитие работ в данном направлении планируется использовать на базовых машиностроительных предприятиях, а также в учебном процессе и в научно-исследовательской деятельности.

Теория графов к описанию деталей используется в задачах автоматизированного проектирования достаточно успешно. Для использования теории необходимо выявить причинно-следственные связи между конструкциями детали. Для этого необходимо разработать комплексные системы обеспечения технологичности изделий, накопить базу данных стандартных, унифицированных конструкторских и технологических решений по каждому классу деталей. Процесс унификации достаточно сложен и до конца не формализован. Сложность состоит в том, что не существует универсальных алгоритмов выделения на детали элементов, которые не существенны для определения типовых форм деталей. Кроме того детали, различные по функциональному назначению, имеют близкие конструкторско-технологические признаки: например, валы, оси, пальцы и т.д. Для таких осесимметричных деталей можно ограничиться расположением поверхностей основной формы детали в базовой системе координат. Так, для каждой детали ставится в соответствие граф, в котором множество вершин соответствует множеству типов поверхностей, образующих основную форму детали. Граф строится по правилу:

Между вершинами графа существует дуга, если одна поверхность следует за другой при заданном направлении обхода поверхностей. Каждый из построенных графов представляется матрицей смежности. Если при дизъюнктивном сложении матриц результатом будет ненулевая матрица, то основные формы деталей совпадают. Если результат - ненулевая матрица, то возможны следующие случаи:

- одинаковые детали ориентированы в разных направлениях;
- форма одной детали является составной частью формы другой детали;
- формы деталей различаются по составу и последовательности.

На следующем этапе планируется внедрение научных разработок на машиностроительных предприятиях города Улан-Удэ.