

УДК 621.039

К ВОПРОСУ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ СТАНКОВ МЕТОДАМИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Николаенко А.П.

TO THE QUESTION OF MACHINE TOOLS REABILITY FORECASTING WITH THE METHODS OF MATHEMATICAL MODELING

Nikolaenko A.P.

Проведен анализ существующих методов моделирования станков, в том числе CAD/CAM/CAE системы, представлена их классификация, рассмотрены принципы интегрированного использования САПР с целью обеспечения надежности на всех этапах жизненного цикла.

Ключевые слова: математическое моделирование, жизненный цикл, CALS технологии, трехмерное моделирование, автоматизированное проектирование

Активное применение компьютерной техники позволяет прогнозировать выходные характеристики машин, их отдельных систем и узлов, начиная уже с самых ранних стадий проектирования, - с уровня принятия концепции. Это особенно актуально для дорогостоящих прецизионных машин, так как при их проектировании зачастую становится возможным существенно уменьшить или вообще исключить натурные исследования и испытания, требующие разработки и создания экспериментальных стендов и образцов. В результате снижаются затраты на доработку конструкции и технологии, на корректировку технической документации, сокращаются сроки внедрения проектируемых машин.

Прогнозирование качества и надежности станков является весьма сложной проблемой в силу ряда специфических особенностей станков. Во-первых, современный станок представляет собой совокупность систем с разными физическими принципами действия: механическая система, электрическая и электронная системы управления, гидравлическая, пневматическая и другие. Соответственно эти системы описываются совершенно различными моделями. Во-вторых, станок в процессе работы подвергается воздействию различных видов энергии: механической, тепловой, электромагнитной, химической, биологической и т.д. В-третьих, в системах станка под воздействием различных видов энергии возникают процессы

станка под воздействием различных видов энергии возникают процессы различной природы и различной скорости: колебательные, тепловые, износ, старение, коробление и другие, описываемые совершенно различными математическими моделями.

Решение многочисленных модельных задач в станкостроении невозможно без использования новых информационных технологий и современных программно-технических средств, позволяющих объединять процесс проектирования в единое информационное пространство, то есть так называемых ИПИ-технологии (или CALS-технологии - по зарубежной терминологии).

Эффективность применения этих технологий зависит от качества заложенных в них модельных представлений, описывающих предметные области всех фаз жизненного цикла создаваемого изделия. Особенностью модельных представлений проектно-конструкторской деятельности является семантическая увязка описаний различных предметных областей. В связи с тем, что деятельность проектной организации есть совокупность различных взаимосвязанных видов деятельности (функционирования, поддержания, развития), то возрастает значимость комплексного моделирования не только этих процессов, но и сопряженных с ними процессов управления. Вместе с тем, практика внедрения современных информационных технологий обусловлена объективными факторами, снижающими эффективность их применения для проектно-конструкторских организаций:

- многоаспектность используемых в процессе проектирования знаний, обусловленная необходимостью принятия решений, базирующихся на увязке в памяти специалистов-конструкторов информации обо всем жизненном цикле машиностроительных объектов;

- внедрение разнородных автоматизированных систем различного назначения (САПР, систем

организационного управления, управления качеством, управления ресурсами, электронного документооборота и др.), что затрудняет их интеграцию без предварительного моделирования деятельности проектно-конструкторской организации как единой сложной системы.

Построение пространственной геометрической модели изделия является центральной задачей компьютерного проектирования. Именно эта модель используется для дальнейшего решения задач формирования чертежно-конструкторской документации, проектирования средств технологического оснащения, разработки управляющих программ для станков с ЧПУ. Кроме того, эта модель передается в системы инженерного анализа (CAE-системы) и используется там для проведения инженерных расчетов. По компьютерной модели с помощью методов и средств быстрого прототипирования может быть получен физический образец изделия. 3D модель может быть не только построена средствами данной CAD-системы, но, в частном случае, принята из другой CAD-системы через один из согласованных интерфейсов, или сформирована по результатам обмера физического изделия-прототипа на координатно-измерительной машине (рис. 1).

Способы представления моделей. Различают поверхностное (каркасно-поверхностное) и твердотельное моделирование. При поверхностном моделировании сначала строится каркас - пространственная конструкция, состоящая из отрезков прямых, дуг окружностей и сплайнов. Каркас играет вспомогательную роль и служит основой для последующего построения поверхностей, которые «натягиваются» на элементы каркаса.

Созданные модели могут передаваться из одной CAD/CAM-системы в другую через специальные интерфейсы - согласованные форматы данных для обмена информацией.

Существует ряд так называемых стандартных интерфейсов. Они имеют формат символьных (ASCII) файлов, где описание геометрических и других характеристик модели выполняется в соответствии с принятым стандартом. На практике каждый формат имеет свои приоритетные области применения. Например, стандартный формат DXF используется в основном для передачи чертежно-графической информации; формат IGES - для передачи геометрии поверхностных моделей; формат STL - для передачи модели, аппроксимированной плоскими элементами, из CAD-системы в автономную CAM-систему, систему инженерного анализа (CAE-систему) или в установку для быстрого прототипирования изделий.

В последнее время все большее значение приобретает стандартный формат STEP, в котором, наряду с описанием геометрии модели, предусматривается описание других характеристик изделия. Существуют различные протоколы стандарта STEP, определяющие полноту состава передаваемой информации об изделии.

В ряде случаев CAD/CAM-системы могут «понимать» внутренние форматы друг друга, используемые для представления моделей. В этом случае говорят о наличии прямых интерфейсов между системами.

Одним из практических примеров использования интерфейсов является передача из конструкторского бюро на завод-изготовитель информации о спроектированном изделии (в электронном виде), в случае, когда конструкторское бюро и завод применяют в своей работе разные CAD/CAM-системы.

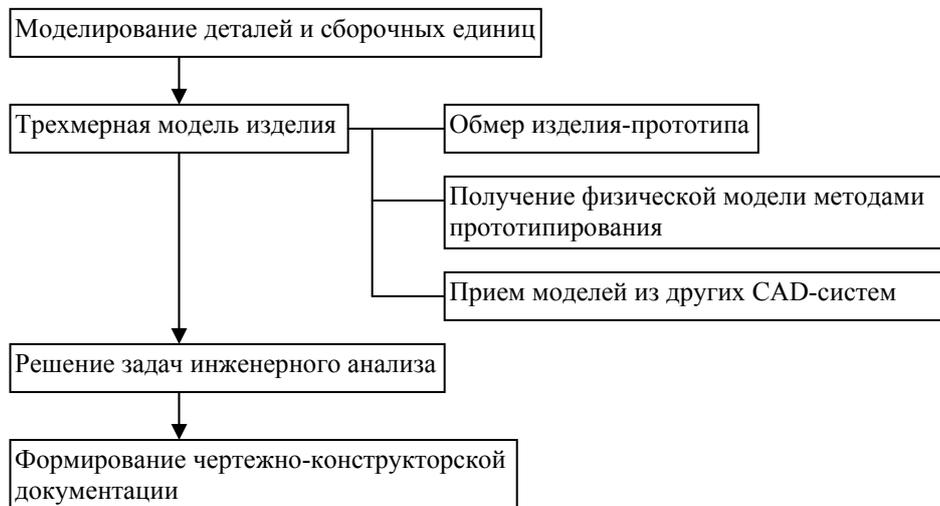


Рис. 1. Основные функции систем автоматизированного проектирования

Сегодня в мире предлагается большое число различных CAD-, CAM- и CAD/CAM-систем, отличающихся по функциональной мощности, области применения, степени сложности освоения системы пользователем, стоимости. Принято выделять три уровня CAD- или CAD/CAM-систем:

- CAD/CAM-системы, обеспечивающие решение задач проектирования и ТПП на наиболее высоком уровне автоматизации (high-end). Эти 3D-системы предназначены для работы на корпоративном уровне, ориентированы не на решение отдельных задач, а на связанные процессы, имеют развитый комплекс инженерных приложений, обеспечивают использование знаний. Представителями таких систем являются CATIA, Unigraphics и Pro/Engineer.

- CAD- или CAD/CAM-системы с менее высоким уровнем автоматизации процессов проектирования (middle-end), имеющие меньшее число инженерных приложений и некоторые ограничения. Тем не менее, эти системы обеспечивают полноценное пространственное моделирование изделий и получение чертежно-конструкторской документации (а для CAD/CAM-систем - разработку УП для оборудования с ЧПУ). Примерами таких систем являются Cimatron E, PowerShape/PowerMill, SolidWorks, КОМПАС 3D.

- CAD-системы с наименее высоким уровнем автоматизации. Это 2D системы для автоматизации чертежных работ или 3D системы с рядом существенных ограничений (по сложности создаваемых моделей, по числу деталей в сборке и др.). В качестве примера здесь можно привести систему КОМПАС-График.

Для создания и использования интегрированных подходов к автоматизированному проектированию необходимо в представлении модели включать не только геометрические данные. Так, модель изделия может быть представлена совокупностью следующих видов информации:

- объемное или не имеющее объема (представленное незамкнутыми поверхностями) тело как результат булевых операций над составляющими его формами;

- объемное или не имеющее объема тело как результат применения определенного метода его построения;

- аргументы построения тела в виде геометрических элементов;

- аргументы построения тела в виде совокупности логических и численных параметров;

- плоские параметрические эскизы с геометрическими отношениями между элементами;

- управляющие параметры;

- функции (отношения) между элементами;

- массивы значений для конкретных параметров;

- анализаторы, следящие за применением условных правил;

- контроллеры, приводящие в действие определенные функции на основе выполнения (невыполнения) условных правил;

- результаты абсолютного или относительного анализа, предназначенные для использования как аргументов в других функциях;

- ссылки и связи, привлекающие внешние или удаленные элементы (параметры) в качестве аргументов построения данной формы;

- методы, формализованные явным образом (пригодные для повторного применения) - «Power Core»;

- скрипты (программы), участвующие в работе методов как исполняемый программный код.

Все детали (и представляющие их геометрические формы) различаются по их принадлежности к конструктивно-технологическому классу. Эти классы обобщают в одну категорию все множество деталей, имеющих устойчивые конструктивные и технологические признаки. Их геометрическое определение, соответственно, может иметь свои термины, методы и аргументы построения, что не только способствует использованию информации об изделии на различных этапах его жизненного цикла, но и позволяет реализовать современный уровень автоматизации проектирования, не ограничивающийся решением задач моделирования и черчения, а предполагающий реализацию таких возможностей, как параллельное проектирование, накопление и использование корпоративных знаний, автоматическое проведение изменений по всем этапам процесса проектирования, многовариантная визуализация проекта.

Любой объект в описании изделия наделен негеометрическими характеристиками следующих категорий:

- графические атрибуты, представляющие объект средствами диалога системы;

- идентификация, определяющая систему именования, обозначения и представления продукта в служебной документации.

- физические свойства, определяющие механические и геометрические характеристики компонентов изделия - объем, площадь поверхности, координаты центра тяжести, ориентация векторов моментов инерции и другие. Физические свойства обычно происходят из результатов анализов;

- технологические свойства, определяющие производственные характеристики компонентов изделия - термообработка, покрытие, маркировка, клеймение, чистота поверхности, допуски и другие;

- административные свойства, определяющие характеристики объекта применительно к процессам его жизненного цикла - статус готовности, авторизация, сертификация и другие;

- функциональные свойства, характеризующие целевые параметры изделия - производительность, ресурс, удельная себестоимость эксплуатации и другие.

С другой стороны, автоматизация конструкторского проектирования лишь за счет построения 3D моделей и последующего получения чертежей также во многих случаях не приносит

должного эффекта в силу недостаточно высокого уровня автоматизации. Частичное улучшение дает разработка и использование специальных процедурных приложений к САД-системе (например, конструирование пакета пресс-формы с использованием баз нормализованных деталей); существенно больший эффект может дать интегрированное использование набора процедурных приложений. Однако этот подход не может быть реализован для всех видов проектных процедур ТПП как в силу их большого числа, так и по причине слабой формализации и типизации многих проектных решений.

Подход к решению задач автоматизации проектирования за счет интегрированного использования 3D моделей и баз знаний способен привести одновременно и к гибкости создаваемой системы, и к существенному общему повышению уровня автоматизации. При этом - за счет формализации и хранения корпоративных знаний - для предприятия во многом решается проблема нехватки высококвалифицированных конструкторов и технологов.

Общая схема интегрированного использования 3D моделей и баз знаний сводится к некоторой проектной процедуре ТПП, реализуемой средствами прикладного программного интерфейса (API) САД-системы и решающая конкретную задачу конструкторского или технологического проектирования с использованием базы корпоративных знаний.

Применение данной схемы позволяет строить прикладные САПР, работающие «от технического задания» и генерирующие все необходимые геометрические модели, чертежи, технологические процессы, текстовые или текстово-графические документы. Реализация каждой конкретной САПР требует определенных усилий, однако в результате достигаются высокий уровень автоматизации проектных решений и гибкость системы.

Л и т е р а т у р а

1. Н.В. Батин. Основы информационных технологий. – Минск: Нац. акад. н. аук. Беларуси, 2008. – 235 с.
2. Ли К. Основы САПР (CAD/CAM/CAE). – СПб.: Питер, 2004. – 506 с.

References

1. N.V. Batin. *Osnovy informacionnyh tehnologij*. – Minsk: Nac. akad. n. auk. Belarusi, 2008. – 235 s.
2. Li K. *Osnovy SAPR (CAD/CAM/CAE)*. – SPb.: Piter, 2004. – 506 s.

Ніколаєнко А.П. До питання забезпечення надійності верстатів методами математичного моделювання

Проведен аналіз існуючих методів моделювання верстатів, в тому числі CAD/CAM/CAE системи, представлена їх класифікація, розглянуті принципи інтегрованого використання САПР з метою забезпечення надійності на всіх етапах життєвого циклу.

Ключові слова: математичне моделювання, життєвий цикл, CALS технології, тримірне моделювання, автоматизоване проектування.

Nikolaenko A.P. To the question of machine tools reliability forecasting with the methods of mathematical modeling

The analysis of the existing methods of machine tools modeling, including CAD/CAM/CAE systems is done, their classification is presented, principles of the unified using of SAPR with the purpose of maintaince of reliability on the all stages of life cycle.

Prediction of the quality and reliability of machines is a very complex problem due to a number of specific features of the machines. Active use of computer technics allows to predict the output characteristics of vehicles, their individual systems and components, starting from the early design phase, the level of acceptance of the concept. This is especially true for expensive precision machines, since their design often becomes possible to substantially reduce or eliminate full-scale research and testing, requiring development and production of experimental stands and images. As a result of lower costs for finalizing design and technology, updating technical documentation, reduced time of implementation of the designed machines.

Key words: mathematical modeling, life cycle, CALS technologies, 3D modeling.

Николаєнко А.П. – к.т.н., доцент, доцент кафедри машинобудування, верстатів та інструментів Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля

Рецензент: Носко П.Л., д.т.н., проф.