

УДК 621.9.004

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА
ПРИ ВИРТУАЛЬНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ МАШИН****В.А. ШАБАЙКОВИЧ***(Технологический университет, Жешув, Польша),***Н.С. ГРИГОРЬЕВА***(Государственный технический университет, Луцк, Украина)*

Рассмотрены особенности обеспечения качества машин в компьютерно-интегрированном производстве СИМ за счет применения современных способов проектирования, CALS-технологий, обеспеченных системами CAD/CAM/CAE. Предложен метод управляемого формирования показателей качества машин, состоящий из пяти иерархических уровней виртуального формирования: конструирования машины, корректирования конструкции по технологии, эксплуатации, технологии по эксплуатации и окончательного взаимного уточнения показателей качества.

Введение. Одним из способов повышения качества является их непрерывное формирование на всех этапах виртуального проектирования машин. Виртуальное проектирование будет иметь большое значение в будущем компьютерно-интегрированном производстве СИМ (*Computer Integrated Manufacturing*). Такое проектирование дает возможность быстро сделать чертежи изделия, подготовленные к конкретным условиям производства, запроектировать оптимальный вариант технологического процесса изготовления, подобрать технологическое оборудование и оснащение, а при необходимости просмотреть и проверить реализацию виртуального сборочного процесса. Особенно ценно то, что можно также просматривать на компьютере предполагаемую эксплуатацию собранного изделия, и на основании полученных данных с целью ее последующего улучшения ввести необходимые изменения как в конструкцию, так и технологию изготовления.

Конструкторско-технологическое обеспечение повышения качества машин предусматривает использование расчетно-аналитических, экспериментальных и опытно-статистических методов [1]. Виртуальное проектирование за счет объединения этих и своих методов приводит к быстрейшему достижению цели, позволяет обеспечить более высокий уровень качества за счет комплексного рассмотрения и общей оптимизации решений.

Цель – повышение качества выпускаемых машин при сокращении затрат. Под виртуальным проектированием машин и технологических процессов их изготовления понимается процесс, выполняемый на компьютере с использованием специального программного обеспечения. Поскольку эти процессы протекают в компьютере, исходя из параметров реальной машины и способов ее изготовления, то затраты, связанные с повышением качества конструкции и технологии, будут значительно меньшими по сравнению с традиционным подходом к проектированию. При этом виртуальное проектирование вызывает совсем не виртуальные проблемы, связанные с методикой проектирования, компьютерным и программным обеспечением, моделированием объектов, а главное – формированием показателей качества и многими другими.

Методы обеспечения качества. Виртуальное проектирование – это интерактивная технология, позволяющая создавать адекватное компьютерное отображение реальных машин, технологии их изготовления и даже предполагаемой эксплуатации. На технологическом этапе заложенный в конструкцию уровень качества машины 1 (рис. 1) может быть сохранен 2 или понижен 3. Никакое использование различных систем управления качеством продукции просто так его не повысит. Обеспечение качества машины может быть достигнуто только за счет применения современных способов проектирования конструкции, высоких технологий. Элементами такого проектирования являются компьютерные математические модели: машины с составляющими узлами и деталями, технологии их изготовления, предполагаемой эксплуатации, формирования показателей качества на взаимосвязанных этапах проектирования, а также базы данных.

Как известно, основные показатели качества машины при виртуальном проектировании закладываются при его конструировании [2], обеспечиваются технологией изготовления и проверяются виртуальной эксплуатацией. Достигнуть существенного повышения качества возможно только с помощью современных компьютерных технологий, направленных на установление четких функциональных связей между конструкторскими, технологическими и эксплуатационными факторами. При этом необходимы решения сопутствующих задач: расчета размерных цепей, схем базирования, формирования и техноло-

гического обеспечения высоких свойств поверхностного слоя деталей, износостойкости, усталостной прочности, а в целом – технологической наследственности, уровня и организации производства, квалификации персонала, условий эксплуатации и других.

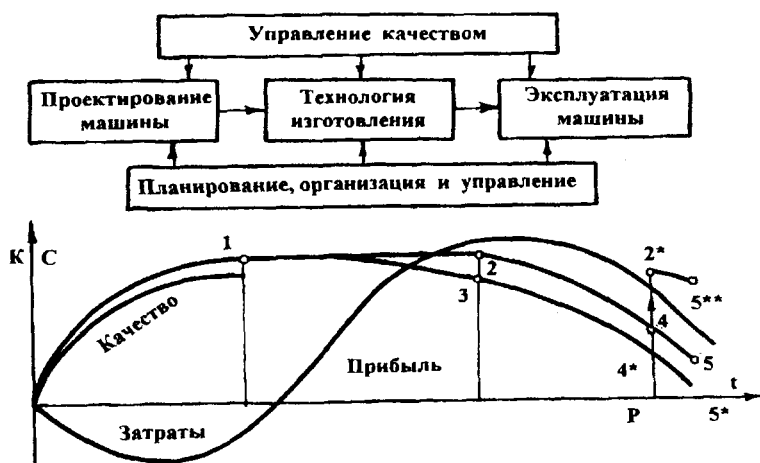


Рис. 1. Схема изменений показателей качества, затрат и прибыли при производстве и эксплуатации машин

При виртуальном конструировании изделия формирование показателей качества проводится путем установления оптимальной компоновки, выполняющей заданные функции, конструкционной ее проработки (оптимальное число узлов, подузлов, деталей, взаимосвязей между ними), оптимальных форм деталей и свойств рабочих поверхностей, высокой прочности соединений и т.п. Известно, что долговечность изделий главным образом определяется усталостным сопротивлением, коррозионной стойкостью, контактной жесткостью, прочностью и износостойкостью. Поэтому при таком подходе следует применять многокритериальные и многопараметрические оптимизационные модели, позволяющие наиболее полно учитывать условия функционирования выполняемых задач, несколько критериев функции цели, сложность конструкции и т.п. В модель конструкции машины закладывается возможность выполнения сборки из предварительно собранных узлов с единственно возможным положением деталей, максимальная технологичность конструкции деталей и узлов, замена традиционных способов соединений деталей более новыми, эффективными. Проблема оптимизации конструкции состоит в одновременном обеспечении большого числа взаимосвязанных параметров [3], которые не могут быть учтены полностью. Для реализации такого подхода можно использовать известные способы и методы, к примеру, систему трехмерного моделирования *Компас-3D*. В этой системе модели машины и ее сборки состоят из набора моделей деталей, подборок и стандартных элементов. При виртуальном проектировании конструкции используются как известные детали, так и создаваемые на их базе либо проектируемые заново. Модели хранятся на диске, благодаря чему осуществляется их быстрая замена, использование в разных узлах, передача изменений геометрии в сборочные изделия. Выполняется это с помощью команд, позволяющих ориентировать собираемые детали и связывать между собой. При этом задаются или изменяются требуемые сопряжения. В этом плане представляют интерес система *DMA*, а также *CAD*, *CAM*, *CAP*, *CAQ*, *PPS*, *DFM* и другие, которые начинают использоваться в настоящее время.

Заложенные в конструкцию при ее изготовлении показатели качества должны быть, как минимум, сохранены или даже повышены. Технология виртуальной сборки и обработки деталей сводится к программному моделированию сборочных движений выполняемых процессов. При этом значительный эффект в обеспечении качества изделия имеет компьютерная проверка разработанных технологических процессов. По полученным результатам проводится дальнейшая оптимизация, направленная на улучшение как технологии, так и самого изделия. В этом плане весьма перспективны *CALS-технологии*, обеспечивающие полный цикл создания машины, что практически реализует сквозное проектирование с использованием, например, системы *Pro/Engineer 2000*. Заслуживает особого внимания применение нейросетевых технологий и нейрокомпьютеров, имеющих большое будущее. Таким образом, на технологическом этапе проектирования активно используются обратные связи, позволяющие значительно повысить показатели качества машины за счет оптимизации технологии и конструкции.

Еще сложнее получить адекватные модели виртуальной эксплуатации проектируемой машины. Решается эта задача как с использованием статистических данных эксплуатации подобных частей маши-

ны, так и моделированием эксплуатации, обычно лимитирующих звеньев, которая является функцией многих конструкторских, технологических факторов, а также условий эксплуатации. В этих случаях необходимо определение тех параметров машины, которые обеспечивают и гарантируют сохранение высоких показателей качества. Такие задачи весьма сложны и практически не решаемы известными способами автоматизации расчетов. Они также требуют использования концепций *CALS* и новых подходов, например, применения метода *ЛПТ* [4], позволяющего выполнять поиск без аналитически выраженной обобщенной целевой функции. В упрощенном варианте моделирования задача сводится к определению износостойкости сборочных соединений, потери точности взаимного положения деталей, контактной прочности и надежности. Для ускорения процесса и сближения областей расчетов рекомендуется применять системы *Virtual-Reality* и *Digital Prototyping* и другие.

Таким образом, при виртуальном проектировании машин можно выделить несколько иерархических уровней повышения показателей качества. Этим обеспечивается также сквозное повышение показателей качества машины при реализации полного цикла виртуального проектирования, начиная от конструкции машины, технологии и заканчивая предполагаемой эксплуатацией.

Формирование сборочных конструкторско-технологических решений представляется иерархической системой взаимосвязанных и последовательно взаимно уточняющих этапов разработки. На качество решения влияет уровень технического развития по проблеме и доступные средства, а также объем знаний, используемая методика, уровень логического технического мышления и другие факторы, связанные уже с конкретным разработчиком.

Предлагаемая методика повышения качества. В результате анализа и синтеза общей методологии повышения качества предложен метод обеспечения качества машин, который базируется на непрерывном виртуальном формировании показателей качества на компьютере с использованием обратных связей. Алгоритм управляемого формирования качества использует пять уровней, на которых из учета влияния конструкторских, технологических и эксплуатационных факторов определяются и корректируются такие показатели.

К конструктивным факторам, определяющим показатели качества, можно отнести материал деталей, образующие их поверхности, свойства поверхностей, особенно рабочих и базовых, размеры и отклонения, жесткость деталей, вид и тип сборочных соединений, трибологическая совместимость сопрягаемых поверхностей, функциональные перемещения и их погрешности, точность соединения и другие, например, технологичность. Технологические факторы – это требуемая производительность, обрабатываемость, структура процесса, виды сборочных движений, технологические базы, собираемость, используемое сборочное оборудование и оснащение и т.п. Эксплуатационные факторы определяют износостойкость соединений, долговечность машины, ремонтпригодность, экологическую совместимость и другие.

Общеизвестно, что при проектировании новой машины вначале появляются конструкционные показатели качества, полученные на компьютере или чертеже ее конструкции. После изготовления машины по разработанным технологическим процессам обработки деталей и сборки, условно можно говорить о технологических показателях качества только что выпущенной машины. Эксплуатационные показатели более сложные и представляют наибольший интерес. Поскольку указанные этапы могут быть получены виртуально на компьютере, то упомянутые показатели также являются виртуальными для проектируемой машины.

В качестве примера применения этой методики было рассмотрено управляемое формирование показателей качества пластинчатых пакетов магнитопроводов. Приведенная блок-схема (рис. 2) предусматривает использование пяти уровней. На первом уровне при проектировании этого изделия формируются его конструктивные показатели качества. На втором уровне после автоматической сборки изделия выполняется корректирование конструктивных показателей с целью их повышения по технологическим. Третий уровень предусматривает доработку конструктивных показателей изделия по результатам виртуальной эксплуатации для дальнейшего повышения конструктивных. Четвертый уровень отличается от предыдущего тем, что по эксплуатационным показателям усовершенствуется технологический процесс изготовления изделия, т.е. технологические показатели. Пятый уровень проверочный, на котором выполняется окончательное взаимное корректирование всех показателей качества.

Единственным, но временным недостатком этого метода можно признать имеющееся недостаточное программное обеспечение. Если при проектировании конструкций и технологий изготовления машин оно известно, но из-за высокой цены пока имеется не у всех, то по виртуальной эксплуатации – практически отсутствует. Известны отдельные его фрагменты, например, моделирование износостойкости, воздействия силового поля, надежности. В настоящее время на зарубежных фирмах организуются такие компьютерные лаборатории по виртуальной эксплуатации выпускаемых машин с полным программным обеспечением.

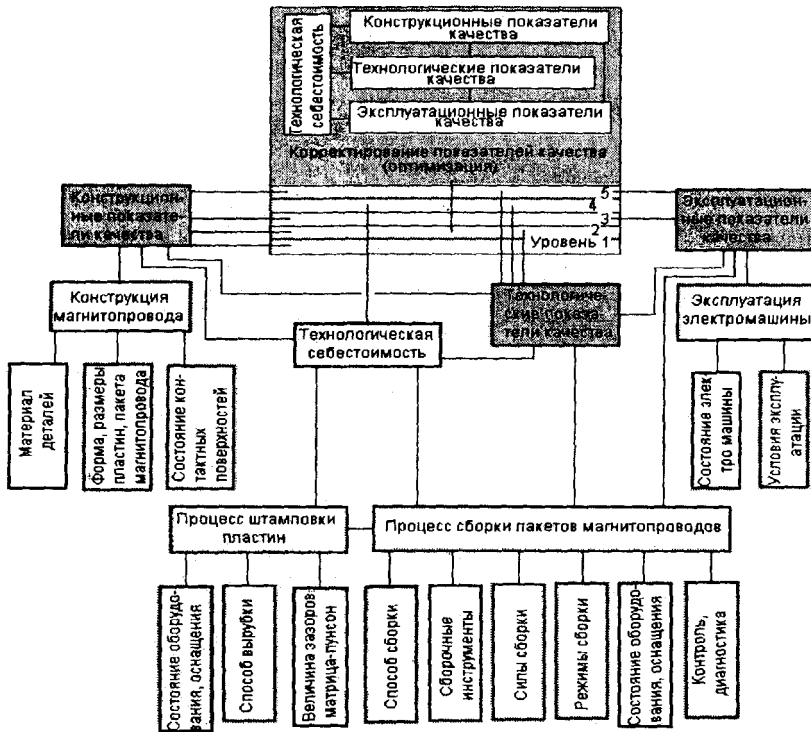


Рис. 2. Блок-схема управляемого формирования показателей качества пластинчатых пакетов магнитопроводов

Выводы. В компьютерно-интегрированном производстве на этапе проектирования предусматривается автоматическое конструирование машин с широким использованием различных проблемно-ориентированных систем, обеспечивающих получение конструкции с высоким уровнем качества, полностью приспособленных к конкретным условиям изготовления и последующей эксплуатации. Для этой цели будут использоваться наряду с традиционными имеющимися компьютерами нейрокompьютеры с необходимым программным обеспечением, существенно расширяющими известные в настоящее время компьютерные возможности. Обеспечивать изготовление деталей и сборку будут *CALS-технологии*, гарантирующие сохранение заложенного качества при значительном сокращении технической подготовки производства и себестоимости изготовления. За счет обратных связей технология ↔ конструкция ↔ эксплуатация, предусматривается дальнейшее улучшение технологичности конструкции, повышение качества машины и улучшение функционирования производственной системы в целом.

Предложенный метод управляемого формирования показателей качества машин при виртуальном проектировании реализуется на нескольких иерархических уровнях:

- на первом – в конструкцию с использованием принципов *CALS* закладываются более высокие показатели качества, чем при традиционном проектировании;
- на втором – за счет применения *CALS-технологий* удастся их еще более улучшить;
- на третьем – благодаря результатам виртуальной эксплуатации, далее их повысить.

Таким образом, обеспечивается постоянное управляемое повышение показателей качества машины при реализации сквозного виртуального проектирования, начиная от конструкции машины, затем технологии и заканчивая предполагаемой эксплуатацией.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сулов А.Г. Конструкторско-технологическое обеспечение качества изделий машиностроения // Конструкторско-технологическая информатика-2000: Труды конгресса, Станкин. – М., 2000.
2. Качество машин: Справочник: В 2-х т. / Под ред. А.Г.Сулова. – М.: Машиностроение, 1995.
3. Дабагян А.В. Оптимальное проектирование машин и сложных устройств. – М.: Машиностроение, 1979.
4. Ивахненко А.Г., Пуш А.В. Методология концептуального проектирования металлорежущих станков // Станки и инструмент. – 1999. – № 7.