

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ В ТЕХНИЧЕСКИХ ЗАДАЧАХ

П. Я. Крауиньш, М. Г. Гольдшмидт, С. Е. Буханченко, Д. М. Козарь

Институт кибернетики Национального исследовательского
Томского политехнического университета, 634050, Томск, Россия

УДК 621.9.06

Рассматриваются элементы информационного обеспечения в области составления, решения и анализа математических моделей применительно к техническим задачам на примере станка для переработки изношенных автомобильных покрышек.

Ключевые слова: математическое моделирование, информационное обеспечение.

Discusses the elements of information provision in the production, analysis and solutions of mathematical models applied to technical problems, the example of the machine for processing of waste tires.

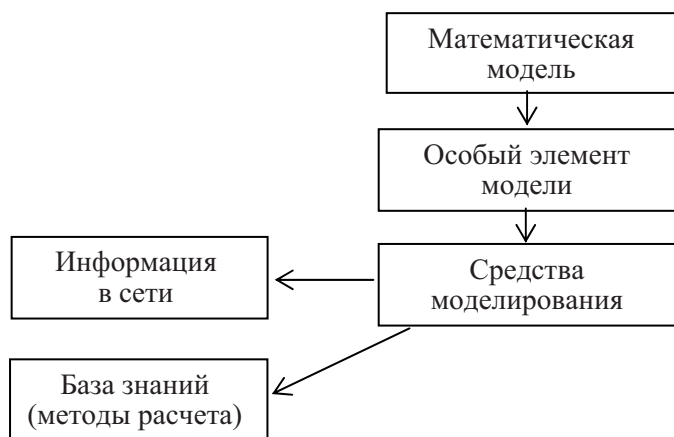
Key words: mathematical modeling, information technology.

В настоящее время в моделировании и решении задач технических вычислений широко применяются различные пакеты прикладных программ, например Mathcad, Matlab, LabVIEW. Также выполняются моделирование физических процессов и расчет параметров системы с использованием САПР, таких как Ansys, SolidWorks, Inventor и др. Применение этих программных продуктов позволяет:

- значительно уменьшить время исследований;
- снизить стоимость исследований за счет частичного или полного отказа от реальных физических экспериментов;
- получать результаты необходимой точности для изученных явлений и процессов;
- усилить контроль над экспериментом;
- уменьшить количество участников исследований;
- повысить качество и информативность эксперимента за счет увеличения числа контролируемых параметров и более тщательной обработки данных.

В то же время данные системы имеют ряд ограничений, наиболее существенным из которых является проблема моделирования новых малоизученных процессов и свойств материалов. Это обусловлено ограниченным набором встроенных функций в таких программных продуктах, а также методов расчета и анализа данных. Часто алгоритм расчета какого-либо процесса является закрытым и неизвестным исследователю. Его нельзя модифицировать или полностью изменить. При моделировании и исследовании новых процессов это может быть необходимо.

В небольшой исследовательской группе с ограниченной материально-технической базой возникает также проблема определения физических (или иных) параметров элементов исследу-



Базовые элементы информационного обеспечения математической модели

дуремой математической модели, если ранее они не рассматривались или такие данные не публиковались в открытой печати. Иными словами, определить параметры может быть физически сложно или для этого необходимо дорогостоящее оборудование, в то время как применение готовых средств моделирования, функционал которых ограничен известными методами моделирования и расчета, невозможно либо результат их применения имеет значительную погрешность, величину которой также сложно оценить, не проводя сравнения с реальной физической моделью.

Таким образом, можно выделить несколько базовых элементов информационного обеспечения математических моделей в технических задачах (см. рисунок).

Следует отметить, что в настоящей работе рассматривается моделирование каких-либо новых, ранее не исследованных процессов или материалов, т. е. некоторых "особых" элементов, моделировать которые с использованием готовых программных средств невозможно. Готовые программные средства можно использовать для моделей, включающих известные параметры и методы расчета.

"Особых" элементов в системе может быть несколько. Под "особым" элементом математической модели понимается элемент или часть моделируемой системы, которую невозможно решить с использованием готовых программных продуктов, поскольку методы численного решения или методы анализа этих решений, встроенные в данный программный продукт, неприменимы к данному элементу или их применение ограничено.

Рассмотрим пример модели, которую невозможно рассчитать с использованием готовых прикладных программ. Этот пример достаточно полно отражает проблему моделирования систем с "особым" элементом. Существуют различные установки для механической переработки изношенных автомобильных шин с помощью фрезерования [1, 2]. Этот процесс сопровождается сильными вибрациями, вследствие того что материал является вязкоупругим и композитным, так как содержит металлический корд. В процессе резания упругая оболочка покрышки отжимается от режущих зубьев фрезы под воздействием силы резания, поэтому процесс резания происходит неэффективно и со значительными динамическими колебаниями оборудования. Корд в покрышке имеет высокую прочность и плетение в виде сетки под определенным углом. В результате в тот момент, когда фреза достигает корда покрышки, он начинает отжиматься в

поверхность резины под ним. Когда зубу фрезы удается зацепиться за нить корда, она рвется, а не срезается. Спустя некоторое время получается "изъеденная" покрышка с торчащим в разные стороны кордом. Для того чтобы повысить эффективность переработки покрышек и уменьшить износ инструмента и вибрации станка, необходимо составить и исследовать математическую модель станка и самого процесса резания такого специфического материала. Это позволит обеспечить необходимые параметры станка (жесткость и массу), подобрать геометрические параметры фрезы и нормализовать уровень вибраций до приемлемого, тем самым повысив надежность и долговечность оборудования.

Динамическая модель станка была предложена в работе [3]. Основной трудностью при составлении математической модели является определение функции силы резания и характера ее изменения в зависимости от материала, мгновенной толщины срезаемого слоя с учетом упругих деформаций обрабатываемого материала, а также режимов резания. Данная часть модели постоянно дорабатывается с целью уточнения влияния материала на характер изменения силы резания. Непостоянство силы резания приводит к возникновению значительных амплитуд вынужденных колебаний станка. Так как материал гетерогенный, распределение таких физических параметров, как жесткость и внутреннее трение, является неоднородным. Экспериментально можно определить лишь интегральную жесткость и вязкость для всего элемента покрышки. Точное компьютерное моделирование динамических свойств автомобильной шины позволило бы точнее определить влияние неоднородности материала на функцию изменения силы резания. Готовые программные продукты не дают возможности провести моделирование процесса резания (разрешения) композитного материала покрышки и получить приемлемый результат. Поэтому используются некоторые обобщенные свойства материала в определенных направлениях.

В рассматриваемом примере "особыми" элементами модели являются композитный материал обрабатываемой шины и его влияние на силу резания. Появление в модели "особого" элемента обуславливает необходимость вычисления значений параметров материалов, входящих в состав покрышки. Этот элемент информационного обеспечения указан на рисунке как информация в сети.

Рассмотрим еще один элемент информационного обеспечения – базу знаний. Под базой знаний будем понимать весь доступный исследователю литературный материал в необходимой предметной области, с использованием которого можно решить поставленную задачу. В рассмотренном выше примере база знаний включает литературу по математике, теории упругости и динамике. Применяя накопленные в этих предметных отраслях знания, можно разработать математическую модель покрышки и процесса ее измельчения.

Следует отметить, что математические модели редко описывают моделируемый процесс с высокой степенью достоверности. Чем точнее модель какого-либо физического явления, тем она сложнее. Однако исследователю зачастую не нужны столь точные количественные результаты, а важен лишь характер изменения изучаемого процесса и влияние на него входных характеристик.

После построения математической модели можно переходить к расчетам. Как отмечено выше, готовые программные продукты, такие как Matlab, Matcad и LabVIEW, имеют ограни-

ченный функционал и не позволяют решать многие задачи. Проводить моделирование практически без ограничений позволяют языки программирования высокого уровня, такие как C++, Delphi и Java. При этом повышаются требования к знаниям и навыкам разработчика, который должен не только быть специалистом в предметной области, но и также уметь программировать. Однако это позволяет решать нестандартные задачи и моделировать процессы и свойства материалов, которые мало изучены и являются достаточно сложными.

Также при моделировании большое значение имеют форма представления и отображение результатов моделирования. Достаточно часто результатом решения динамических задач в механике является графическое представление зависимости изменения исследуемых параметров во времени. Однако часто одного графика оказывается недостаточно для выявления взаимного влияния параметров системы. Значительно удобнее анализировать результаты в интерактивном режиме, когда график выводится с замедленной скоростью и на экране отображаются геометрические и физические параметры исследуемой системы, а также расположение ее элементов. В этом случае можно сопоставить вид графика в определенный момент времени и состояние системы, в котором она находилась. Графическую информацию проще анализировать, чем числовые показатели.

В заключение следует отметить, что если точно известны все функциональные зависимости в моделируемой системе и количественные характеристики составляющих модели, можно сразу перейти к выбору средств моделирования. В данном случае целесообразно использовать готовые программные продукты Mathcad, Matlab, LabVIEW, Ansys, SolidWorks и т. д.

Таким образом, математические модели можно разделить на те, объект исследования которых описывается полностью изученными технологическими процессами, и те, которые содержат "особый" элемент. Первые можно моделировать с использованием готовых программных средств, для вторых необходимо экспериментальное определение параметров "особого" элемента и их влияния на объект исследования.

Список литературы

1. Пат. 2325996 РФ. Способ переработки изношенных покрышек / Л. В. Денисов, В. Д. Игнатов, С. Р. Мкртчян, В. В. Прохоров. № 2006124603/12. Заявл. 10.07.06; Оpubл. 10.06.08, Бюл. № 16.
2. Пат. 104511 РФ. Устройство для утилизации отработанных шин / М. Г. Гольдшмидт, Д. М. Козарь, А. Г. Темиров, З. И. Вендров.: № 2010149939/05. Заявл. 07.12.10; Оpubл. 20.05.11, Бюл. № 14.
3. Козарь Д. М., Крауиньш П. Я. Математическая модель станка для утилизации автомобильных покрышек фрезерованием // Проблемы механики современных машин: Материалы 5-й Междунар. конф., Улан-Удэ, 25–30 июня 2012 г. Улан-Удэ: Вост.-Сиб. гос. ун-т технологий и управления, 2012. Т. 1. С. 213–216.

*Крауиньш Петр Янович – проф., доц. Института кибернетики
Томского политехнического университета; тел.: 8-903-915-81-26; e-mail: peterkrau@tpu.ru;
Гольдшмидт Марк Георгиевич – канд. техн. наук, доц. Института кибернетики
Томского политехнического университета; тел.: 8-903-951-39-31; e-mail: mark@tpu.ru;
Буханченко Сергей Евгеньевич – канд. техн. наук, зав. кафедрой Института кибернетики
Томского политехнического университета; тел.: 8-903-913-16-01; e-mail: triboss@tpu.ru;
Козарь Дмитрий Михайлович – ассист. Института кибернетики
Томского политехнического университета; тел. 8-913-100-44-68; e-mail: kozardima@gmail.com*

Дата поступления – 02.10.12 г.