

ПАРАМЕТРЫ ЭЛЕМЕНТОВ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПНЕВМОШИНЫ

Введение. В настоящее время проведение расчетов любой сложной динамической системы невозможно без использования ЭВМ. Программное обеспечение различных производителей предоставляет конструкторам ряд возможностей для проведения статических и динамических расчетов с целью получения оптимальных характеристик машин на стадии проектирования. Наиболее широкое распространение в этой области нашли программные продукты, основанные на использовании метода конечных элементов (МКЭ). За последние годы этот метод успешно совершенствовался и нашел широчайшее применение в ряде областей науки и техники. Однако наряду с широкими возможностями, МКЭ имеет ряд недостатков, из-за которых его использование при решении задач, где присутствует большое количество подвижных элементов, невозможно либо требует затрат такого количества ресурсов и времени, что его применение крайне не эффективно. К таким задачам относятся проектирование колесных движителей, систем управления с большим количеством подвижных элементов и другие. В ряде случаев конструкторы и ученые успешно применяют системы реализации математических моделей, основанные на современных методах моделирования. Такие системы также имеют ряд недостатков, к которым можно отнести необходимость разработки уникальных математических моделей в каждом конкретном случае, требуемую высокую квалификацию работников, невозможность визуализации поведения проектируемой системы, большое время, требуемое для расчета из-за работы таких систем в режиме "интерпретатора".

Одним из достоинств систем визуального моделирования является то, что они доступны широкому классу пользователей, которые не задумываются о программной реализации модели. Программная реализация «скрыта» от пользователя, и на анализ результатов, представляемых в графической форме требуется минимальное количество времени. Однако, при недостаточности опыта и квалификации повышается вероятность получения «неверных» результатов, что выводит на первый план проблему проверки достоверности полученного решения.

Проблема «графической оболочки» в большинстве современных программных продуктах высокого уровня решена, пользователю представляется возможность самому настроить численный метод или выбрать наиболее подходящий. Однако в пакетах среднего уровня, которые используются наиболее интенсивно на персональных компьютерах, процесс выбора решателя производится самой системой, поэтому пользователь зачастую может получить красиво оформленный «неверный» результат. Зачастую ошибка состоит в том, что пользователь ставит перед программой задачу, которая не может быть решена системой ввиду её ограничений со стороны математического аппарата.

Структура современных имитационных моделей должна соответствовать структуре изучаемого объекта. Модели, имеющие сложную архитектуру, состоят из множества блоков, которые связаны функциональными взаимосвязями. Блоки могут характеризоваться различными физическими принципами действия. Сложная имитационная модель имеет несколько качественно различных постепенно сменяющих друг друга состояний, либо решение сопряженной задачи.

По предложенной классификации Ю.Б. Колесова [1] и Ю.Б. Сенченкова программные средства автоматизации проектирования можно разделить на три класса:

- пакеты "блочного моделирования";
- пакеты "физического моделирования";
- пакеты, ориентированные на схему гибридного автомата.

К наиболее известным пакетам блочного моделирования можно

отнести подсистему SIMULINK пакета MATLAB (MathWorks, Inc.) и EASY5 (Boeing).

Преимущество объектно-ориентированной технологии состоит в том, что можно создать достаточно сложные модели, не обладая специальными знаниями. При разработке сложных моделей, которые имитируют реальное поведение объекта, создаются сложные алгоритмы, которые и являются основным недостатком пакетов.

Программные средства по второму и третьему пункту следует, на наш взгляд, рассматривать как единое целое. Современные тенденции при разработке программных средств показывают, что описание сложных систем, механизмов становится все более простым, и, в конечном итоге, опять ограничено современным уровнем развития вычислительной техники.

Имитационная модель пневмошины. На наш взгляд, в области проектирования и расчета характеристик колесных движителей с целью оптимизации основных параметров необходима разработка имитационной модели пневмошины. Программное обеспечение необходимо разрабатывать на основе математической модели, созданной по принципам, изложенным в [2], которая отражает основные свойства и позволяет получить характеристики движителя, необходимые для оптимизации его параметров. Для разработки такого программного обеспечения наиболее предпочтительным, на наш взгляд, является метод функциональных элементов (МФЭ). При применении этого метода необходимо использовать структуру классов, доступную практически в любом из известных языков программирования высокого уровня.

Анализируя структуру колеса, вполне естественно предположить, что каждый из его элементов является отдельным классом, который в свою очередь входит в другой элемент. Так, элемент боковой поверхности пневмошины колеса входит в состав класса шин, а тот в свою очередь в класс колеса.

Чтобы отобразить положение каждого элемента в пространстве сделан переход от традиционных декартовых координат к полярным, причем для каждого из структурных элементов шины взята отдельная система координат. Это в полной мере позволяет нам упростить системы дифференциальных уравнений и четко знать положение каждого элемента в пространстве. В общем, предлагаемая структура пневматического колеса изображена на рис. 1.

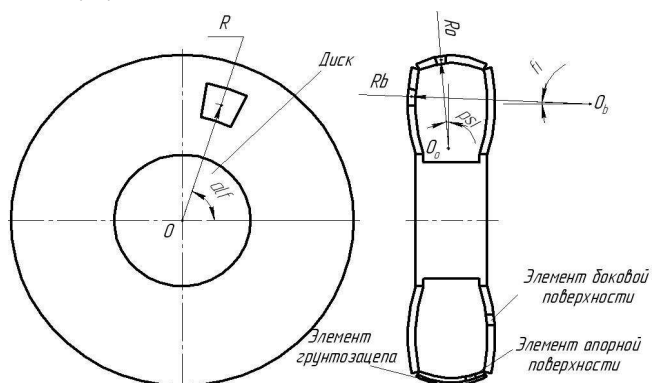


Рис. 1. Структурная схема пневмошины

В соответствии с приведенной структурной схемой каждый элемент пневмошины разбивается на множество недеформируемых элементов, обладающих физическими свойствами, характерными для твердого тела. На каждый элемент пневмошины действуют

Таблица 1. Поля для класса элементов пневмоколеса

Имя поля	Тип *	Ед. изм.	Наименование
El[i,j]	Array of integer	-	имя элемента
t	integer	рад	Шаг статического расположения элементов
s	extended	м ²	Площадь поверхности элемента
serR	extended	метр	Радиус-вектор центра тяжести(ЦТ) элемента
serAlf	extended	рад	Угол между положительным направлением отсчета и направлением на ЦТ элемента и начала отсчета
m	extended	кг	Масса
serZ	extended	метр	Радиус элемента в профильной плоскости
fi	extended	рад	Угол наклона ЦТ элемента в профильной плоскости
Gamma	extended	рад	Угол охвата элемента в профильной плоскости
dlt	extended	метр	Смещение элемента по касательной
dlr	extended	метр	Смещение элемента вдоль радиуса
Alf_	extended	рад/с	Окружная скорость элемента
Alf__	extended	рад/с ²	Угловое ускорение элемента
R_	extended	м/с	Нормальная скорость элемента
R__	extended	м/с ²	Нормальное ускорение элемента
Ct	extended	Н/м(Н/рад)	Кoeffициент жесткости
Kd	extended	Н/м(Н/рад)	Кoeffициент диссипативных сил
Ro	extended	метр	Радиус кривизны опорной поверхности шины
Rb	extended	метр	Радиус кривизны боковой поверхности шины
psi	extended	рад	Угол наклона элемента опорной поверхности

Пояснения к таблице 1:

- * описание типов в терминологии Borland Delphi;
- положительным направлением отсчета считаем направление с запада на восток, при взгляде перпендикулярном к описываемой плоскости;
- профильная плоскость- плоскость перпендикулярная направлению вращения колеса;
- extended – вещественный тип данных, в котором могут быть представлены числа с плавающей точкой от $-1 \cdot 10^{308}$ до $1 \cdot 10^{308}$, при применении процессоров Celeron 2000;
- integer – целый тип данных, в котором могут быть представлены числа в диапазоне от $-1 \cdot 10^{308}$ до $1 \cdot 10^{308}$, при применении процессоров Celeron 2000;
- array – массив элементов, тип которых определен после слова «of»;
- в связи с невозможностью использования в редакторе кода языков программирования редактора формул приняты следующие обозначения:

один знак подчеркивания соответствует скорости, например R_ равно \dot{R} ;

два знака подчеркивания соответствуют ускорению, например R__ равно \ddot{R} ;

- скорость и ускорение элементов направлены в сторону появления деформации;
- геометрические параметры представлены на рис. 3.

реакции со стороны окружающих его элементов. Эти реакции направлены по нормальному и тангенциальному направлениям. Связь между всеми элементами упругая и задается нами из условия неразрывности связей. Физическая модель элемента пневмошины представлена на рис. 2.

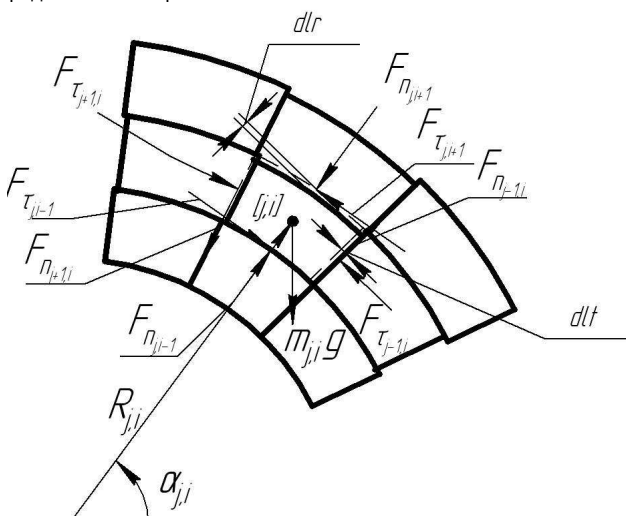


Рис. 2. Динамическая модель бокового элемента пневмошины [j, i] - номер рассматриваемого элемента, F – силы, действующие на элемент со стороны других элементов, индекс n обозначает

силы, действующие на элемент, которые направлены вдоль оси R, индекс t обозначает силы, действующие на элемент, которые направлены поперек оси R

Таким образом, необходимо разработать классы, соответствующие описанным элементам, обладающие требуемыми свойствами, которые соответствуют свойствам реальных физических элементов. При использовании для разработки программного обеспечения системы визуального программирования Borland Delphi, необходимо для каждого класса задать поля с определением типов и методы, определив, является ли данный метод "процедурой" либо "функцией" в терминологии Borland Delphi.

В целях унификации полей, методов, установления ассоциативных связей между формальными и фактическими параметрами элементов колеса, имена полей, хранящих значения состояния для каждой части пневмошины (боковой, опорной, грунтозацепа) принимаем одинаковыми.

Описанные выше классы и их поля являются необходимыми, но не достаточными для разработки имитационной модели пневмошины. Нами ставится задача не только определения характеристик пневмоколеса во время движения, но и визуализации движения во время расчета. Нам представляется это необходимым в связи с тем, что представление информации в графической и численной форме требует от специалистов глубоких знаний сути процессов, происходящих во время движения машины, следовательно, требуется наличие в организациях и на предприятиях специалистов высокой квалификации. Кроме того, анализ графической информации в больших

объемах требует значительных затрат временных ресурсов. Визуализация движения движителя во время расчета должна помочь специалистам, по крайней мере, на начальном этапе проектирования выявить неточности в моделях, в задании исходных значений, а также существенные недостатки проектируемого движителя.

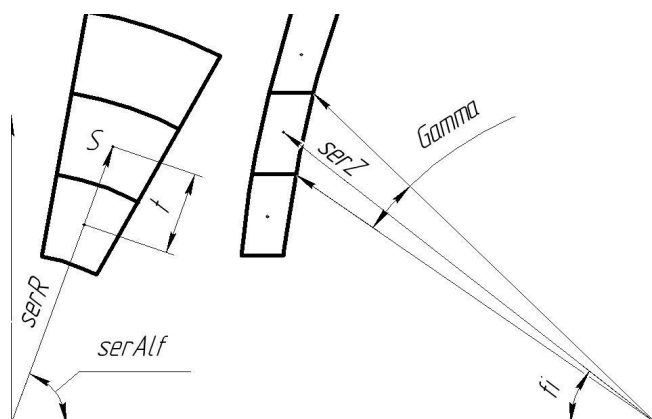


Рис. 3. Геометрические параметры

Для визуализации движения машины необходимо обеспечить введение ряда дополнительных параметров, обеспечивающих представление на экране графической информации. В первую очередь для обеспечения рисования элементов движителя на экране необходимо использование специальных "компонентов". В терминологии языков программирования компонентами называются составляемые вместе со средой программирования библиотеки с визуальными элементами, обладающие определенными свойствами. Для обеспечения рисования элементов на экране мы предлагаем использовать компонент, поставляемый со средой Borland Delphi, именуемый "TImage". Этот компонент обладает свойствами, аналогичными свойствам известного редактора, входящего в стандартный набор Windows – "Paint". Теоретически, многие компоненты Borland Delphi имеют в библиотеках методы, предназначенные для рисования на экране, однако компонент "TImage" обладает методами, позволяющим сохранить изображения в файл для дальнейшего анализа. Использование данного компонента несет в себе некоторые сложности, такие как фиксированный размер

поля для рисования в виде ограничения поля по ширине и высоте в зависимости от размеров экрана и его разрешения. Частичным решением данной проблемы является использование масштабных коэффициентов, обеспечивающих вывод изображения на часть экрана по желанию пользователя. Еще одной из сложностей является несоответствие вертикальных осей декартовой системы координат, т.к. в данном компоненте, как в прочем и в других, отсчет от начала координат ведется сверху вниз.

Заключение. Несмотря на описанные проблемы, нам кажется, что поставленная задача вполне разрешима с помощью применения алгоритмов, позволяющих привести в соответствие оси координат и масштабные изображения реальности и экрана.

Для проведения расчетов, кроме приведенных выше элементов пневмошины, необходимо использовать характеристики микропрофиля дороги, увязать решение данной системы с уравнениями, описывающими работу подвески машины, учесть возможность изменения давления воздуха в шине.

После создания программного продукта, обеспечивающего реализацию поставленной задачи, возможно его использование в системе автоматизированного проектирования пневмошин. После подтверждения адекватности решений, полученных с использованием пакета программ, возможно проведение оптимизации основных параметров колесного движителя с использованием теории планирования эксперимента.

Объединение полученной модели с моделями двигателя, гидротрансформатора (сцепления), трансмиссии, микропрофиля опорной поверхности, рабочего оборудования сделает возможным проведение выбора основных параметров машины с использованием критериев скоростей, ускорений, плавности хода и т.д.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Колесов, Ю.Б. Объектно-ориентированное моделирование сложных динамических систем. - СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2004. – 239 с.
2. Моисеев, Н.Н. Математические задачи системного анализа. - М.: «Наука», 1981. – 488 с.
3. Лесковец И.В. Математическая модель гусеничного движителя СДМ // Вестник Могилевского государственного технического университета № 2. - Могилев, 2003. - С. 83-87.

Материал поступил в редакцию 08.10.08

LESKOVEC I.V., LUKASHKOV N.N. PARAMETERS OF ELEMENTS OF IMITATING MODEL OF THE PNEUMOTRUNK

In clause the analysis of advantages and lacks of methods of modeling of complex dynamic systems with a plenty of mobile elements with the help of the COMPUTER is given. The advantages and lacks of the systems allowing to carry out modeling with visualization of the received decisions are revealed. The opportunity of application of such systems is analysed at designing pneumotrunk of building machines. The method for modeling pneumatic trunks is offered on the basis of consideration of the trunk as set of elements with the concentrated parameters, which have elastic communications. With the purpose of realization of an offered technique the system of coordinates for unequivocal definition of each element of the trunk in space is established. For account of the characteristics of elements of the trunk and the pneumowheels as a whole are developed and the containing meanings variable, trunk, describing a condition, as a whole are adapted for realization on the COMPUTER variable and fields.

УДК 666.3.022.8(088.8)

Есавкин В.И., Ранский В.А.

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ШНЕКОНАПОРНЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПРЕССОВ

Введение. В производстве строительных материалов, таких как глиняный кирпич, керамические трубки широко применяются шнековые прессы (экструдеры). Экструзионный способ формования находит применение и в производстве строительных изделий из бетона (плиты пустотного настила, сантехкабины и другие изделия). Применяются шнековые рабочие органы и в транспортирующих машинах (шнековые конвейеры, питатели, дозаторы, бетононасосы).

Эффективность применения шнековых рабочих органов не вызывает сомнения, однако они имеют ряд недостатков:

- снижение прессующего давления из-за износа шнека (появляется большой зазор между корпусом и шнеком);
- снижение прессующего давления, связанное с износом сальникового уплотнителя корпуса и шнека;
- низкая надежность и высокая периодичность текущих ремонтов

Есавкин Вячеслав Иванович, ст. преподаватель кафедры машиноведения УО «Брестский государственный технический университет»
 Ранский Владимир Александрович, доцент кафедры машиноведения УО «Брестский государственный технический университет».
 Беларусь, БрГТУ, ул. Московская, 267, 224017, г. Брест.