

электростатическим методам беспористы при толщине 85 - 100 мкм. Это объясняется тем, что при плазменном напылении происходит достаточно высокое деформирование проплавившихся частиц полимера при ударе о поверхность подложки. Это приводит к нормальному растеканию и коалесценции частиц.

Плазменные эпоксидные покрытия имели высокую адгезию. Определение адгезии методом решетчатых надрезов показало, что у покрытий края надрезов остаются гладкими и не отслаиваются (адгезия 1 балл).

При испытаниях плазмоосажденных покрытий получено, что электрическая прочность их превышает соответствующие данные для покрытий, нанесенных традиционными способами. По-видимому, это связано с формированием при плазменном напылении более плотного беспористого полимерного покрытия.

Таким образом, отсутствие пористости и высокая адгезия предопределяет повышенные антикоррозионные свойства плазменных покрытий.

#### Литература

1. Цырлин М. И., Родченко Д. А. Формирование покрытий из термоотверждаемых полимеров с использованием плазмы СВЧ-разряда // Материалы, технологии, инструмент. 1997. №3. С. 35-38.
2. Карякина М. И. Испытание лакокрасочных материалов и покрытий. М.: Химия. 1988. 272 с.
3. Богданов В. П., Родченко Д. А., Корецкий Г. В. Электрический метод определения суммарной площади сквозных дефектов в диэлектрических покрытиях // Заводская лаборатория. 1986. №1. С. 17-19.

## ОБ ОДНОМ АЛГОРИТМЕ РАСЧЁТА ДЕТАЛЕЙ МАШИН

*Кондратьюк В. Ф.*

*Белорусская государственная политехническая академия*

Широко используемые в настоящее время для расчёта конструкций точные методы (МКЭ, МГЭ, МКР) могут испытывать затруднения в решении задач сложной пространственной конфигурации, оставаясь весьма эффективными в частных случаях (например, в расчётах конструкций с линейными элементами - стержневые системы).

Предлагаемый способ, основанный на принципах механики, эффек-

тивнее в расчётах деталей типа базовых: рам автомобилей, корпусов, станин и других несущих конструкций при наличии сложной конфигурации, а также массивных элементов. Незначительное число уравнений в сравнении с сеточными методами позволяет оперативно оценивать различные конструктивные варианты как на стадии проектирования, так и при их дальнейшем совершенствовании, что очень важно для разработки оптимальных решений.

Простейшая расчётная схема рассматривает конструкцию как монолитную, поэтому здесь уместны в основном интегральные оценки, особенно вблизи поверхности детали. Но в этом случае, даже для конструкций со сложной геометрией, можно получить приемлемые результаты. Примером может служить выполненный нами расчёт верхней станины горячештамповочного прессы К8544 усилием прессования 25МН при предельном сжатии. При рабочей нагрузке пришлось отказаться от получения глобального решения, а найти его лишь в локальной зоне, определяемой опытом эксплуатации и экспериментальными исследованиями. В других опасных зонах оказалось возможным качественно установить тенденцию изменения напряжённо-деформированного состояния при различных конструктивных решениях. Так удалось предложить более удачный вариант и повысить циклическую прочность и как следствие долговечность. Количественные оценки были выполнены экспериментально на моделях и натуральных образцах.

Указанный пример привёл к необходимости разработки теории использования кинематических и статических связей различной природы. Мы пришли к выводу, что даже сами ряды аппроксимирующих функций не обязательно удовлетворяют условиям закрепления и нагружения. Оказалось возможным весь ряд подчинить необходимым условиям с помощью связей как внутренних, так и поверхностных.

Опуская описание всего пути и всех возможностей указанного подхода, отметим последнюю концепцию, которая заключается в том, что конструкция делится на несколько частей, если:

- необходимо подробнее исследовать наперёд заданную зону;
- установить взаимодействие различных элементов конструкции;
- учесть неодинаковые механические свойства различных элементов;
- необходимо выделить особенности задачи, например, учесть сосредоточенную силу;
- уточнить неоднородные граничные условия;

- требуется выполнить однородные условия на границах многосвязных областей;
- необходимо учесть наличие раскрываемых трещин и т.д.

Понятно, что это применимо для определённого класса задач, расширяемого по мере разработки метода.

Деление конструкции на части диктуется условием задачи и не является природой метода. При решении задач плоского деформирования квадрата двумя сосредоточенными силами из однородного изотропного материала [1] для получения приемлемого решения на 70% площади квадрат описан 1680 уравнениями. Такой результат получен с помощью десятков уравнений [2], причём с точным выполнением неоднородных условий в рамках данного приближения.

Пример опубликован, поэтому мы лишь кратко остановимся на его описании.

С помощью уравнений статических связей выполнить однородные условия не представляет затруднений. Чтобы удовлетворить статическим условиям на гранях, где приложены силы, был использован следующий приём.

Квадрат представлялся двумя частями: небольшой зоной вблизи приложения силы (учтена симметрия задачи) и остальной частью, которые соединены по точкам при равенстве перемещений и напряжений. Теперь часть квадрата с вырезом имеет только однородные граничные условия, выполнить которые весьма просто. После “сшивания” сосредоточенная сила оказывается только в небольшой зоне, размер которой определится разрешающей способностью компьютера.

Приём можно легко распространить на реальные конструкции, когда на один или несколько элементов накладывается максимально возможная информация, а остальная часть описывается интегрально или с незначительным уточнением условий. Используя численный эксперимент, можно уточнять расчётную схему в смысле точности соединения отдельных частей: по перемещениям и по напряжениям, и по различным производным, приближаясь тем самым к сплайн- аппроксимации.

В заключение отметим, что описанный алгоритм не претендует на абсолютную универсальность решения задач, а лишь указывает на некоторые преимущества в отдельных случаях и “сфера влияния” различных методов может расширяться по мере их разработки. Использование же различных подходов только увеличит надёжность расчёта, поэтому они не должны противопоставляться.

### Литература

1. Л.А. Розин. Расчёт гидротехнических сооружений на ЭВМ. Метод конечных элементов. Изд. "Энергия", Л., 1971.
2. В.Ф. Кондратюк. Сравнительная оценка методов решения вариационного уравнения Лагранжа для плоской задачи упругого деформирования квадрата. Известия АН БССР. Серия физико-математических наук. Рукопись депонирована в ВИНТИ, №3484-В89 от 26.05.89.

## УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ТОМОГРАФИЧЕСКАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ОБЪЕКТОВ ТРЕНИЯ

*Акулич Я.А., Гладыщук В.Б., Кузавко Ю.А., Склипус Б.Н.  
Брестский политехнический институт*

Бурное развитие вычислительной техники за последние годы, разработка и внедрение все более мощного и совершенного компьютерного оборудования, привело к значительному усовершенствованию систем ультразвуковой диагностики, которая широко используется как в научных исследованиях, так и при решении большого круга практических задач, возникающих в условиях современного производственного процесса. В настоящее время, при проведении неразрушающих испытаний часто возникает необходимость в получении акустического изображения объекта, подвергаемого испытаниям. Получить необходимую информацию при сканировании объекта с использованием акустических волн и сформировать его визуальное изображение представляется возможным при использовании систем ультразвуковой визуализации. Методы ультразвуковой визуализации уже получили широкое применение в различных областях науки и техники: неразрушающий контроль качества продукции, медицинская диагностика, диагностика материалов и изделий. Однако, в исследованиях, направленных на обеспечение надежного функционирования механизмов, где немаловажное значение имеет техническая диагностика и контроль процессов трения и изнашивания, применение методов ультразвуковой визуализации представляется новым и достаточно перспективным.

В основе метода ультразвуковой визуализации лежит возможность преобразования поля акустических сигналов, отраженных неоднородностями диагностируемого объекта, в его акустическое изображение (АИ). В