

*A new approach is proposed in the calculation of shells by the numerical-analytical method of boundary elements, which greatly simplifies all expressions, and can be effectively applied in calculations of shells of all types.*

УДК 539.2

## **ВОЗМОЖНОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ КОМПОЗИТОВ В НЕКОТОРЫХ ТЯЖЕЛЫХ ПАКЕТАХ**

**Крыжановская А.М., магистр,**

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

Широкое распространение композитных материалов повлекло за собой необходимость в средствах для их моделирования и расчета. Поэтому некоторые крупные фирмы-производители программного обеспечения разработали в своих комплексах соответствующие модули.

Рассмотрим возможности трех таких пакетов: Ansys, Nastran, Abaqus.

ANSYS — универсальная программная система конечно-элементного (МКЭ) анализа, существующая и развивающаяся на протяжении последних 30 лет, является довольно популярной у специалистов в сфере автоматизированных инженерных расчётов (САПР, или CAE, Computer-Aided Engineering) и КЭ решения линейных и нелинейных, стационарных и нестационарных пространственных задач механики деформируемого твёрдого тела и механики конструкций (включая нестационарные геометрически и физически нелинейные задачи контактного взаимодействия элементов конструкций), задач механики жидкости и газа, теплопередачи и теплообмена, электродинамики, акустики, а также механики связанных полей. Слоистые композиционные материалы находят широкое применение в современном производстве благодаря высоким значениям удельной прочности и жёсткости. Нелинейные механические характеристики композиционного материала делают процесс проектирования более трудоёмким по сравнению с традиционными изделиями.

ANSYS Composite PrePost даёт пользователям широкий набор инструментов для проектирования конструкций из композиционных материалов, учитывающий их специфику. Анализ прочности слоистых композитов проводится с учётом ориентации и толщины каждого слоя по всем современным критериям разрушения. При этом пользователь может

работать как с поверхностной, так и с твердотельной слоистой геометрией (в случае более толстых конструкций).

Одной из важнейших особенностей Composite PrepPost является интеграция в ANSYS Workbench, которая обеспечивает превосходную работу с композиционными материалами, конечно-элементными сетками, а также остальными инструментами МКЭ-анализа, реализованными в ANSYS Mechanical.

MSC.Nastran обеспечивает полный набор расчетов, включая расчет напряженно-деформированного состояния, собственных частот и форм колебаний, анализ устойчивости, решение задач теплопередачи, исследование установившихся и неустойчивых процессов, акустических явлений, нелинейных статических процессов, нелинейных динамических переходных процессов, расчет критических частот и вибраций роторных машин, анализ частотных характеристик при воздействии случайных нагрузок, спектральный анализ и исследование аэроупругости. Предусмотрена возможность моделирования практически всех типов материалов, включая композитные и гиперупругие. Расширенные функции включают технологию суперэлементов (подконструкций), модальный синтез и макроязык DMAP для создания пользовательских приложений. Широкие возможности оптимизации позволяют использовать MSC Nastran для автоматической идентификации компьютерной расчетной модели, при этом целевая функция, подлежащая минимизации, определяется как величина рассогласования результатов расчета и эксперимента, а в качестве варьируемых параметров выбираются наименее достоверные расчетные параметры конструкции. Результат решения такой задачи – “новая” конечно-элементная модель, свойства которой соответствуют свойствам физического образца. Среди моделей материалов в составе MSC Nastran имеются модели композиционных материалов, что в настоящее время особенно актуально в связи с мировой тенденцией использования их в авиационной, ракетно-космической, судостроительной, автомобильной и других высокотехнологичных отраслях промышленности. В MSC Nastran имеются специальные возможности по выполнению расчёта с учётом особенностей композиционных материалов (числа слоёв, их ориентации, характеристик материалов волокна и матрицы). Особенно эффективно эти возможности реализуются при использовании MSC Nastran в сочетании со специальной опцией программного пакета Patran – Patran Laminate Modeler, обеспечивающей быструю подготовку высокоточных конечно-элементных моделей конструкций из композиционных материалов и эффективную обработку результатов.

Конечно-элементный комплекс ABAQUS предназначен для проведения как прочностного инженерного междисциплинарного анализа, так и для научно-исследовательских и учебных работ. Основные сферы применения ABAQUS — оборонная промышленность, авиационное,

автомобилестроение, электроника, металлургия, производство энергии, добыча и переработка нефти, производство товаров народного потребления, общая механика и геомеханика. С помощью ABAQUS можно выполнять анализ таких сложных конструкций и механизмов, как турбомшины, двигательные установки, шасси и трансмиссии, шины, транспортные средства, а кроме того решать сложные задачи, такие как сварка, моделирование аварийных столкновений (краш-тесты), тесты на падение и расчет прочности электронных компонентов, сверхпластическое формирование, пробивание материала, расчет композиционных структур, литье металлов, контактное взаимодействие большого числа тел и самоконтакт, сейсмические и взрывные воздействия, расчет надежности ядерных реакторов. Для моделирования композитных материалов в ABAQUS существуют три типа элементов: элемент типа многослойной оболочки, солидные параллелепипедные элементы и сплошные оболочечные элементы. Последние применяются для моделирования ламинированных слоистых оболочек, оболочечных элементов со свойствами, которые могут изменяться по толщине. Возможность использования таких элементов обеспечивает более экономичное решение при моделировании слоистых композитных конструкций, в отличие от применения солидных элементов.

Одним из преимуществ ABAQUS при моделировании композитов является возможность определять собственные модели материалов с использованием пользовательской подпрограммы UMAT.

Все возможности по композитным материалам доступны как для линейных, так и для нелинейных задач.

### **Список литературы**

1. <https://sapr.ru/article/16799>
2. <https://www.tpolis.com/msc/program-complex.php>
3. <http://www.ansys.soften.com.ua>

### **POSSIBILITIES OF MODELING COMPOSITES IN SOME HEAVY PACKAGES**

*The possibilities of software complexes: Ansys, Nastran, Abaqus for modeling and calculation of composite materials are considered.*

*It is noted that these programs can be successfully modeled carbon fiber, fiberglass, organoplastics based on epoxy phenol-formaldehyde, silicone resins and epoxy boroplastics, etc.*