Анализ акустики в ANSYS Mechanical 15.0

Сергей Хрулев

На протяжении более чем 40 лет компания ANSYS, Inc. развивает линейку своих продуктов для инженерных расчетов и регулярно, прислушиваясь к нуждам и пожеланиям пользователей, выпускает обновленные версии. Группа компаний «ПЛМ Урал» — «Делкам-Урал» продолжает информировать читателей журнала о нововведениях версии инженерного программного обеспечения ANSYS 15.0. В данной публикации речь пойдет о программных продуктах для решения акустических и виброакустических задач.

Моделирование акустики

В версии 15.0 ANSYS позволяет исследовать происхождение, распространение, испускание, поглощение и отражение волн звукового давления в акустической среде. Акустика в ANSYS Mechanical — это полная библиотека акустических конечных элементов, большой набор акустических свойств материалов, сопряженное конструкционно-акустическое взаимодействие для решения задач виброакустики, высокая производительность решения, приложения для лицензии ANSYS Multiphysics. Анализ акустики прежде был доступен только в Mechanical APDL («классическом» ANSYS), но с появлением модуля ACT (Application Customization Toolkit) теперь реализован и в ANSYS Workbench.

С помощью акустических возможностей пакета можно решать множество актуальных задач, таких как: устранение шума в автомобилях; минимизация шума в производственных машинах; акустика зданий и сооружений; проектирование слуховых аппаратов; исследование гидроакустики; разработка сонаров, динамиков, акустических фильтров, глушителей и других подобных устройств; геофизическая разведка; аэроакустика. Все эти задачи решаются как в плоской, так и в объемной постановке с помощью модулей Modal, Harmonic и Transient (временная и частотная области), а также полного или одностороннего сопряжения расчетов для решения виброакустических задач.

В модальном анализе определяются собственные частоты и формы колебаний. Есть возможность задать импеданс[1] и конструкционные взаимодействия в качестве граничных условий. Используются такие решатели, как методы Ланцоша, подпространств, демпфированный и несимметричной матрицы (Block Lanczos, Subspace, Damped и Unsymmetric).

В гармоническом анализе вычисляется отклик системы как функция, зависящая от частоты возбуждения, основанная на объемной скорости потока или возбуждающем давлении. Отклик системы во временной области определяется в нестационарном анализе (Transient).

Workbench также обладает средствами для передачи электромагнитных сил из модуля Maxwell в Mechanical. Это полезно при проектировании конструкций, в которых механические вибрации, возбуждаемые электромагнитными силами, являются источниками значительного шума.

Виброакустика

Виброакустические задачи подразумевают оценку влияния на конструкцию как шумовых, так и вибрационных воздействий. Версия ANSYS 15.0 предлагает для виброакустического анализа полное (полезно для решения задач гидроакустики) или одностороннее сопряжение двух видов расчета.

Одностороннее сопряжение более эффективно для акустических расчетов конструкции до тех пор, пока акустическим воздействием на нее можно пренебречь. Результаты конструкционного расчета в этом случае прикладываются как акустическое возбуждение. Конструкционный (разложением по собственным формам или полный) и акустический анализы представлены в двух различных модулях гармонического анализа. Виброскорости узлов модели передаются в гармонический акустический анализ с помощью звена на схеме проекта. Кроме того, данные можно передать извне с помощью External Data или файлов в формате ASI, которые, в отличие от предыдущих связей, поддерживают конформную сетку[2].

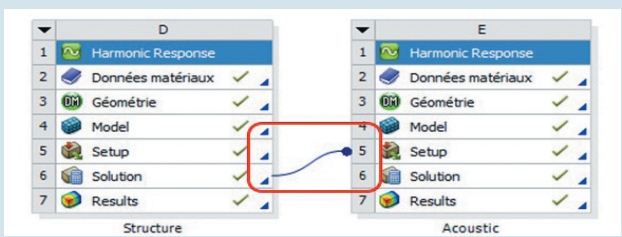

Рис. 1. Передача данных на схеме проекта

При полном сопряжении конструкционные и акустические уравнения можно решить с помощью метода несимметричной или симметричной матрицы — последний более эффективен. Полностью сопряженный виброакустический анализ включает также взаимодействие с пьезоэлектрическими элементами, что, в свою очередь, позволяет решать множество тесно связанных задач вплоть до проектирования датчиков и громкоговорителей.

Сергей Хрулев

Инженер технической поддержки, ГК «ПЛМ Урал» — «Делкам-Урал».

Нагрузки и граничные условия

При решении виброакустических задач задаются соответствующие нагрузки и граничные условия. В первую очередь это источники звукового давления, в качестве которых можно задать плоскую волну (ее фронт имеет форму плоскости), монополь[3], диполь[4] и т.д.

Кроме того, можно задать скорость распространения волны (в том числе и как функцию, зависящую от частоты), массовый источник в волновом уравнении (запускает волны давления во всех направлениях), импеданс и коэффициент поглощения (оба в том числе и как функции от частоты).

Рассеяние[5] звука

Акустика изучает рассеяние как процесс: звуковые волны рас-

[1] Акустический импеданс — отношение комплексной амплитуды звукового давления к объемной колебательной скорости (под последней понимается произведение усредненной по площади нормальной составляющей колебательной скорости на площадь, для которой определяется акустический импеданс).

[2] Конформная сетка конечных элементов — та, в которой контактирующие поверхности обладают общими узлами.

[3] Монополь — идеальный излучатель, создающий сферически-симметричную, расходящуюся волну;

[4] Диполь — два монополя с одинаковыми по модулю и противоположными по направлению объемными скоростями, расположенные на малом по сравнению с длиной волны расстоянии;

[5] Рассеяние — это общий физический процесс, при котором некоторые виды излучения, такие как свет, звук или движущиеся частицы, вынуждены отклониться от прямой траектории из-за одной или нескольких локализованных неоднородностей в среде.

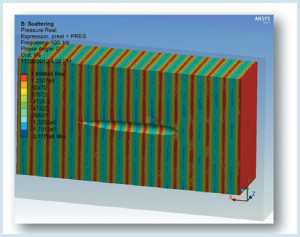

Рис. 2. Распределение полного акустического давления в случае плоского волнового фронта

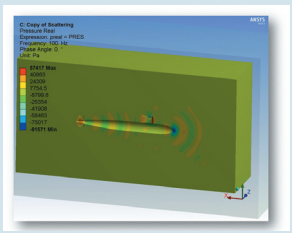

Рис. 3. Общее давление на конструкцию с рассеиванием

сеиваются твердыми объектами или при распространении через неоднородное пространство (например, звуковые волны в морской воде, идущие от подводной лодки).

Модель акустической задачи обычно представляет собой конструкцию, погруженную в бесконечную однородную идеальную среду. В МКЭ для сокращения затрат ресурсов компьютера и инженерного времени необходимо уменьшать рассматриваемую область. Условия поглощения волн дают нам возможность смоделировать меньшую часть области и предполагают, что выходящие волны распространяются наружу без отражения. Существует три типа условий поглощения волн:

- Perfectly Matched Layers Conditions (условия хорошо подобранных слоев) — это слои поглощающих волны давления конечных элементов, разработанные для усечения сетки открытого КЭ домена в гармоническом анализе. Данный способ неприменим в модальном и нестационарном анализах;
- Radiation Boundary (излучающая граница) — ограничения соотношения давления и скорости испускания волн, коэффициента поглощения;
- Infinite Fluid Elements (полубесконечная среда) — задание поглощающих элементов второго порядка (например, FLUID130 или FLUID129) на границе моделируемой части среды.

Обработка результатов

Полученные при расчете результаты могут относиться не только к ближнему полю (сетка КЭ), но и к дальнему. Обработка результатов в дальнем поле позволяет выбрать точку на расстоянии, вне сетки, для построения графиков.

После решения акустической задачи может возникнуть необходимость вычисления некоторых параметров акустического распространения для системы.

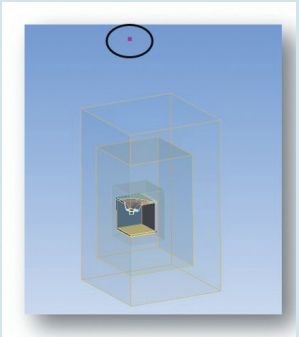

Рис. 4. Точка вне сетки

Например, потребляемая мощность (Input power) и мощность на выходе (Output power), возвратные потери (Return loss), коэффициент затухания и потери при передаче.

Производительность решения гармонического анализа

Существуют два метода решения гармонического анализа. Один из них — полный метод — производит решение матричного уравнения на каждой частоте. Второй — VT (Variational Technology) — альтернативный метод решения, который основан на гармоническом алгоритме развертки полного метода и осуществляет матричное разложение на частотах дискретизации и выполнение быстрой развертки по частотам. VT-метод не поддерживает частотно-

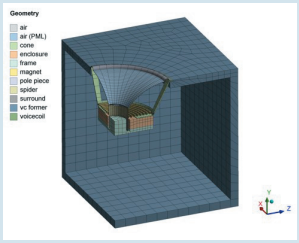

Рис. 5. Модель четверти динамика

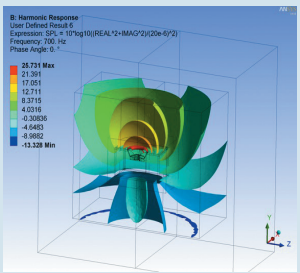

Рис. 6. Поверхности звукового давления на частоте 700 Гц

зависимые материалы/нагрузки, симметричный сопряженный алгоритм, перфорированные материалы (то есть содержащие пустоты или учитывающие их), одно- и двустороннее сопряжение (виброакустика).

Примеры применения

Одними из самых ярких примеров конструкций, требующих акустического анализа, являются товары народного потребления, такие как динамики и глушители.

Полный сопряженный акустический анализ также играет важную роль в проектировании четвертьволнового резонатора. Чтобы уменьшить уровень звукового давления, его панели собираются из труб различного диаметра и длины. Поглощение звукового давления на определенных частотах панелью резонатора также происходит и за счет внутреннего вязкого трения.

Заключение

Группа компаний «ПЛМ Урал» — «Делкам-Урал» является авторизованным представителем компании ANSYS, Inc. на территории России и СНГ уже более 20 лет и занимается консалтин-

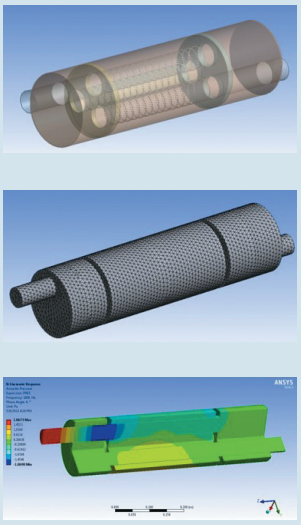

Рис. 7. Трехпроходный отражающий глушитель

гом, инжинирингом, внедрением программного обеспечения, техподдержкой и обучением. Наша компания обладает штатом высококвалифицированных, сертифицированных у разработчика технических специалистов с многолетним опытом выполнения различных расчетов. Мы хотим, чтобы публикации были интересны читателям, поэтому предлагаем вам поучаствовать в выборе наиболее актуальных тем для обсуждения на страницах журнала. Ждем ваших пожеланий на

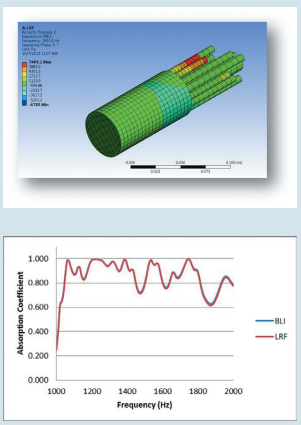

Рис. 8. Четвертьволновой резонатор

наших сайтах (www.cae-club.ru, www.cae-expert.ru)! Также на наших ресурсах вы сможете найти для себя много полезного и интересного!