

Отраслевой специализированный научный семинар ИЦП МАЭ

**«ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
РАСЧЕТОВ НА ПРОЧНОСТЬ»**

Руководитель семинара доктор технических наук, профессор Е.Н. Синицын

Темы семинара:

- Комплексная автоматизация расчетов трубопроводов – 4 февраля 2005 г.
- Методы решения систем алгебраических уравнений, методы подконструкций – 5 апреля 2005 г.

Доклады семинара 04.02.2005 г.

1. Комплексная автоматизация расчетов трубопроводов в программе CANPIPE-2004. Власов Д.В., Козлов Д.Е. (ИЦП МАЭ, г. Москва)
2. Требования по вводу исходных данных для расчета подземных трубопроводов. Куликов В.В. (Институт «Мосинжпроект», г. Москва)
3. Требования к программным средствам расчета прочности трубопроводных систем атомной энергетики по возможностям и сервису. Рахманов А.П. (ИЦП МАЭ, г. Москва)
4. Опыт эксплуатации программы расчета на прочность судовых трубопроводных систем. Койчев Ю.Н. (ФГУП «ЦКБ МТ «Рубин», г. С.-Петербург)
5. Расчетные исследования на прочность контуров стенда САЗ. Гусаров А. М (ГНЦ РФ-ФЭИ, г. Обнинск)
6. Моделирование динамики трубопроводных систем на нелинейных опорах в ПС RANT. Овчинников В. Ф. (ФГУП ОКБМ им. И.И. Африкантова, г. Н.Новгород)
7. Основы расчета трубопроводных систем. Белостоцкий А.М. (НИЦ «СТАДИО» г. Москва), Синицын Е.Н. (ИЦП МАЭ, г. Москва)

В работе семинара участвовали представители основных центров по разработке программного обеспечения расчетов на прочность трубопроводных систем.

В решении семинара **отмечено**, что в настоящее время отсутствует техническая политика в области развития программного обеспечения и норм прочности трубопроводных систем. Были сформулированы актуальные направления работы по расчетному анализу трубопроводных систем и разработке соответствующего программного обеспечения. При разработке норм прочности трубопроводных систем признаны важными такие первоочередные вопросы:

- взаимное согласование требований отечественных норм и нормативных материалов (РД, РТМ, СНиИП), внедрение в технически обоснованных случаях подходов, используемых в атомной энергетике, в другие отрасли;
- разработка нормативных и руководящих мате-

риалов для оценки прочности тройников различного типа и криволинейных участков трубопроводов при расчетах методом конечных элементов;

- разработка нормативных материалов для оценки прочности трубопроводов при природных и техногенных воздействиях, ударных гидродинамических нагрузках;
- разработка нормативного раздела по определению акселерограмм и спектров ответа для расчёта оборудования и трубопроводов при действии динамических нагрузок.

При этом необходимо развивать следующие направления анализа трубопроводных систем:

- поведение систем при вибрации, динамика систем при гидроударах и термоударах;
- сейсмостойкость систем с учетом нелинейностей в жестких опорах и сейсмоопорах;
- аварийные ситуации и безопасность трубопроводных систем;

- программные средства для расчета конструкций из современных конструкционных материалов, включая композиты, с учетом армирования, слоистой структуры, анизотропии упругих свойств материала;
- проектирование подземных трубопроводов с учетом колебания труб с теплоносителем в жидких средах, в том числе, системы «труба в трубе»;
- расчет трубопроводов при действии наружного избыточного давления;
- расчет трубопроводов при высоких температурах, в том числе, с учетом ползучести материала.

Предложено инициировать развитие существующей нормативной базы по расчету трубопроводов в атомной энергетике, предусмотреть подготовку и издание монографий и статей, провести анализ существующих зарубежных и отечественных подходов к расчету соединений трубопроводов и разработать методику расчета, ориентированную на применение современных численных методов анализа.

В целях дальнейшей автоматизации прочностных расчетов предложен комплекс работ по развитию соответствующего программного обеспечения:

- разработка встроенного программного модуля по выбору основных размеров труб;
- создание математических моделей из баз данных по упруго-массовым характеристикам арматуры, параметров фланцев, оборудования;
- расширение возможностей и импорта моделей из PDS, PRO/E, Autocad и др.;
- расчет температурных полей и напряжений;
- использование локальных систем координат для вывода перемещений, напряжений;

- разработка в вычислительных программах модулей оценки прочности конструктивных узлов по различным нормативным документам (в атомной энергетике, теплоэнергетике, теплосетях и др.);
- автоматизация подготовки отчетной документации.

Рекомендовано:

1. Регулярно проводить семинары по программному обеспечению и расчету трубопроводных систем с привлечением специалистов по нормам (как специализированная секция семинара с названием «Прочность и программные средства»). Это позволит определять техническую политику в области проектирования и расчетов на прочность трубопроводных систем.
2. В разрабатываемые программные продукты ввести модули подготовки документации, удобные для пользователей. Проводить обучение пользователей программных продуктов с учетом опыта ИЦП МАЭ.
3. Проводить в Госстрое и Госгортехнадзоре аттестацию программного обеспечения по расчетам и проектированию трубопроводов. При этом необходима разработка банка верификационных примеров, охватывающих вопросы расчета на прочность трубопроводных систем при различных видах нагружения.
4. Проводить работы по созданию интегрированного пакета расчета трубопроводных систем. САПР трубопроводов позволит качественно и в сжатые сроки разработать компоновку сложной трубопроводной системы, удовлетворяющую требованиям Норм прочности и Правил эксплуатации трубопроводных систем.

Доклады семинара 05.04.2005 г.

1. Итерационные методы решения систем линейных неоднородных алгебраических уравнений высокого порядка. Шмелев Н.Д. (ИЦП МАЭ, г. Москва).
2. Генерирование конструкции механически нагруженных деталей по заданным нагрузкам. Сараев В.В. (ФГУП ВНИИА им. Духова, г. Москва).
3. Методы решения систем уравнений в комплексе ФЕНИКС. Каширин Б.А. (ВНИИНМ им. Бочвара, г. Москва).
4. Опыт разработки параллельной версии суперэлементного алгоритма. Киселев А.С., Киселев А.С. (РНЦ КИ, г. Москва).

На семинаре **рассмотрены** вопросы эффективности алгоритмов и программ расчета на прочность сложных конструкций на основе метода конечных элементов, приводящих к решению систем алгебраических уравнений (САУ) высокого порядка.

В решении семинара **отмечено**, что разработка специальных алгоритмов и программных модулей для решения САУ высокого порядка, развитие метода подконструкций (суперэлементов) являются актуальными задачами для эффективного расчета сложных

конструкций. Необходимо дальнейшее развитие итерационных методов с учетом возможностей современных персональных компьютеров, способов хранения расчетной информации (матрицы жесткости), контроля точности расчетных результатов.

Важным этапом развития метода конечных элементов (МКЭ) является разработка специальных способов организации суперэлементной процедуры на основе параллельного применения в расчете нескольких компьютеров. Представленные на семинаре параллельная версия суперэлементного алгоритма и программный комплекс имеют следующие достоинства:

- значительное увеличение размерности решаемых задач МКЭ (до 12 млн степеней свободы);
- обеспечение заданной точности расчетов по перемещениям и напряжениям;

- улучшение качества моделирования сложных объектов при умеренных вычислительных затратах.

Алгоритм метода суперэлементов реализован в основном для решения задач статики. Поэтому практически необходимо дальнейшее развитие этого подхода и для решения задач динамики, устойчивости, теплопроводности.

Предложено акцентировать внимание и усилия разработчиков программ в целях:

- поиска путей оптимизации вычислительных процессов в программах;
- кооперации разработчиков отечественных программных продуктов в создании конкурентоспособных программ различного уровня, разработке банка тестовых задач различного класса для верификации отечественных и зарубежных программ.

Школа пользователей «CAN–2005 (1/11)»

07–11 февраля 2005 г.

Руководитель школы доктор технических наук, профессор Е.Н. Сеницын

В работе школы-семинара пользователей CAN (многоцелевой универсальный программный комплекс расчетов на прочность оборудования) приняло участие 23 специалиста из 16 организаций. Занятия проводились в компьютерных классах Московского энергетического института, оснащенных мультимедийным проектором и сетью компьютеров. Каждый слушатель имел персональный компьютер для самостоятельной работы и связи с преподавателем, что ускорило обучение участников и дало больший простор для решения конкретных задач и закрепления навыков работы.

Программное обеспечение комплекса CAN активно применяется на 42 предприятиях атомной промышленности, на предприятиях нефтехимического комплекса, используется в международных проектах. Университетская версия распространена в 102 организациях (КБ, НИИ, вузы). Получен паспорт аттестации Госатомнадзора на модуль решения динамических задач. Ранее были аттестованы модуль расчета при статических нагрузках и программы CAN, CANPIPE, ЦИКЛ, PPOB.

К настоящему времени программный комплекс CAN значительно модернизирован: усовершенствована документация по программам CAN, CANPIPE, ЦИКЛ, PPOB; реализован итерационный метод решения систем алгебраических уравнений, позволяющий значительно повысить размерность решаемых

задач; сделан конвертор по передаче конечно-элементных моделей из других программ и т.д.

На семинаре акцент сделан в работе с препроцессорами и постпроцессором. Рассмотрены вопросы конечно-элементного моделирования при решении задач статики, динамики, устойчивости. Продемонстрировано и рассмотрено значительное количество примеров подготовки исходных данных, проведения расчетов, графического представления результатов и их анализа, а также новые возможности программного обеспечения, представлена новая документация по препроцессору. Участникам оказана помощь в решении вопросов, возникших при применении программного обеспечения в их практической работе. Были выданы улучшенные инструкции по работе с многоцелевым универсальным комплексом расчетов на прочность оборудования CAN с новыми примерами, переданы в пользование университетские версии комплекса CAN.

Рекомендовано подготовить учебно-методическое обеспечение по применению численных методов расчета инженерных конструкций на базе программного комплекса CAN.

Работа школы-семинара была признана эффективной как для пользователей программного обеспечения, так и для разработчиков.