

## **ПЛАН ОКАЗАНИЯ УСЛУГ ПО СОПРОВОЖДЕНИЮ**

**программы для ЭВМ**

### **APM CIVIL ENGINEERING**

**Решение задач конечно-элементного анализа стальных и железобетонных конструкций.**

#### **Для кого предназначен курс**

Для пользователей, ранее работавших в программах конечно-элементного анализа, включая APM Civil Engineering (APM CE) и знакомых с основными принципами МКЭ, а также знающих основы Сопротивления материалов, Строительной механики, Теории Упругости и Нормативную документацию по расчёту и проектированию зданий и сооружений.

#### **Задачи курса**

Ознакомить пользователя с возможностями программы APM CE в части выполнения расчёта металлических и железобетонных конструкций, используя функционал расчёта конструктивных элементов.

#### **Продолжительность – 5 рабочих дней**

- 40 часов в очном формате

#### **Техническая обеспеченность**

Наличие отдельного компьютера для каждого слушателя, оснащённого двумя мониторами (разрешением не менее 1920x1080), гарнитурой (наушники с микрофоном) и, желательно, видеокамерой. Обязательным является наличие сети Интернет и канала связи с пропускной способностью от 5 МБит/с. Для очного обучения также обязательным является наличие проектора либо телевизора диагональю не менее 50".

#### **Основные требования к компьютеру**

Процессор – четыре ядра, поддерживающий 64-х разрядную адресацию. Объем оперативной памяти – от 8 Гб. Размер свободного пространства на жестком диске от 500 Мб.

## Этап 1

### Основная часть:

- Обзор основных возможностей программы APM Civil Engineering.
- Построение модели стального каркаса с использованием стержневых и оболочечных конечных элементов. Назначение основных свойств модели в виде материалов, поперечных сечений, толщин элементов. Правила формирования силовых и кинематических граничных условий: нагрузки, закрепления.
- Назначение внешних нагрузок (по загрузениям) в соответствии с Нормативными документами (пример использования ветровой нагрузки в программе). Назначение комбинаций внешних нагрузок. Выполнение расчёта. Анализ результатов по комбинациям. Назначение РСУ, правила их задания в соответствии с нормативными документами.

### Практика:

- Построение модели каркаса здания и назначение применительно к этому зданию указанных в основной части операций.

### Самостоятельная работа:

- Расчет простейшего пространственного каркаса по индивидуальному заданию.

## Этап 2

### Основная часть:

- Диалог «Стальные конструктивные элементы». Правила назначения параметров расчёта. Соответствие задаваемых в диалоговом окне параметров положениям нормативного документа. Пример выполнения расчёта стальных конструктивных элементов по результатам РСУ, по комбинациям.
- Вычисление усилий, необходимых для расчёта узлового соединения. Построение простейшего узла средствами модуля APM Structure3D с помощью оболочечных конечных элементов.

### Практика:

- Обсуждение вопросов по предыдущему этапу.
- На построенной на предыдущем этапе модели каркаса выполнение расчёта стальных конструктивных элементов.

### Самостоятельная работа:

- Расчет простейшего пространственного каркаса по индивидуальному заданию.

### Этап 3

#### Основная часть:

– Моделирование и расчёт стальных типовых узлов. Импорт модели в программу APM Studio, формирование конечно-элементной модели. Назначение нагрузок, экспорт в APM Structure3D. Расчёт и анализ результатов. Понятие о концентрации напряжений при выполнении расчётов узловых соединений. Общие правила оценки прочности узлов.

- Расчет стержневой модели каркаса и узлового соединения совместно в одном файле.
- Показ расчетов болтов и сварки в модуле APM Joint.

#### Практика:

- Обсуждение вопросов по предыдущему этапу.
- Порядок определения усилий для расчёта узлов.

#### Самостоятельная работа:

- Расчет простейшего пространственного каркаса по индивидуальному заданию.

### Этап 4

#### Основная часть:

– Модальный анализ пространственных систем. Порядок проведения и анализ результатов. Задачи, для которых модальный анализ служит в качестве исходных данных. Загрузка готовой модели. Назначение нагрузок и воздействий в соответствии с действующими нормативными документами.

– Расчёт пульсационной составляющей ветровой нагрузки. Порядок задания исходных данных, оценка результатов. Пульсация как разновидность динамического анализа по формам колебаний.

– Расчёт на сейсмические воздействия в соответствии с нормативным документами или по заданным спектрам ответа. Базовые требования для проведения корректного расчёта на сейсмические воздействия.

#### Практика:

– Выполнение слушателями описанных в основной части операций на готовых моделях.

#### Самостоятельная работа:

- Расчет простейшего пространственного каркаса по индивидуальному заданию.

## Этап 5

### Основная часть:

- Основы моделирования железобетонных конструкций.
- Диалог «Армированные конструктивные элементы». Правила назначения параметров расчёта.

Соответствие задаваемых в диалоговом окне параметров положениям нормативного документа. Пример выполнения расчёта железобетонных конструктивных элементов по результатам РСУ, по комбинациям нагрузок.

### Практика:

- Обсуждение вопросов по предыдущему этапу.
- Выполнение проверочного и проектировочного расчёта армированных конструктивных элементов (подбор и проверка армирования) для стержневых и оболочечных элементов.

### Самостоятельная работа:

- Расчет простейшего пространственного каркаса по индивидуальному заданию.