

# Каталог курсов ANSYS 2026

# Содержание

- **Механика деформируемого твердого тела** \_\_\_\_\_ **4**
- **Электромеханика** \_\_\_\_\_ **32**
- **Высокочастотные устройства** \_\_\_\_\_ **42**
- **Динамика жидкостей и газов, теплообмен** \_\_\_\_\_ **52**
- **Геометрия и сетки конечных элементов** \_\_\_\_\_ **69**
- **Междисциплинарные расчеты и оптимизация** \_\_\_\_\_ **78**

# Механика деформируемого твёрдого тела

# Базовый курс. Начало работы в ANSYS Mechanical

Продолжительность – 2 дня

Курс является альтернативным введением к работе с ANSYS Workbench Mechanical. Он совершенно не содержит лекций, но абсолютно каждая тема из содержания раскрывается на примере демонстрации постановки и решения задачи статического расчета сборки клапана. Все практические задания выполняются на одной и той же геометрии сборки вала ленточного конвейера и представляют собой последовательные этапы постановки статического расчета прочности.

В отличие от альтернативы в данном курсе не содержится разговоров про модальный и тепловой расчеты, но зато дается более строгая и последовательная методика проведения статического расчета.

Таким образом, этот курс подойдет не только новым пользователям ANSYS Mechanical, незнакомым с программой, но и специалистам, только начинающим проводить МКЭ расчеты в целом.

Краткое содержание курса:

- Введение
- Постановка задачи
- Подход к созданию модели
- Геометрия, материалы и система координат
- Соединения
- Сетка
- Нагрузки и опоры
- Результаты и валидация
- Подход к созданию более точной модели
- Изменение геометрии
- Более реалистичные соединения
- Методы создания более подходящей сетки
- Дополнительные нагрузки и опоры
- Расширенная обработка результатов и валидация
- Параметры и ассоциативность.

Примеры:

- Расчет статической прочности сборки клапана (демонстрация инструктора)
- Расчет статической прочности сборки вала с подшипниками ленточного конвейера.

# Базовый курс. Основы нелинейного анализа в ANSYS Mechanical

Продолжительность – 2 дня

Курс предназначен для пользователей, знакомых с ANSYS Mechanical и желающих повысить свой уровень владения программой за счет освоения различных нелинейных моделей поведения материалов, использования контактов и инструментов для решения нелинейных задач.

Курс сочетает как практическую часть, так и теоретическую. Рассматривается пластичность; нелинейные контакты; геометрическая нелинейность; стабилизация; уплотнения.

Краткое содержание курса:

- Введение
- Обзор нелинейностей
- Настройки перезапуска
- Основы нелинейных контактов
- Пластичность металлов
- Нелинейная стабилизация
- Нелинейная диагностика
- Адаптивное перестроение сетки.

Примеры:

- Большие перемещения
- Применение рестарта
- Контактная жесткость
- Сравнение симметричного и несимметричного контакта
- Мультилинейное изотропное упрочнение металла
- Линейная и нелинейная потеря устойчивости
- Диагностика нелинейного решения
- Нелинейное адаптивное перестроение сетки.

# Базовый курс. Введение в ANSYS Aqwa

Продолжительность – 3 дня

Данный курс посвящен основам использования ANSYS Aqwa и предназначен как для опытных пользователей так и для начинающих. Рассматривается воздействие океанических волн на суда, платформы и др. конструкции, а также связанные расчеты на прочность.

Краткое содержание курса:

- Введение в Workbench
- Гидродинамическая дифракция
- Гидродинамический отклик
- Соединения в AQWA
- Расчеты задач с участием нескольких тел
- Обтекание тонкого тела
- Передача нагрузок из Aqwa в Ansys Mechanical
- Краткий обзор классических программ Aqwa (Line/Librium/Fer/Naut/Drift).

Примеры:

- Гидродинамическая дифракция судна
- Гидродинамический отклик корабля
- Моделирование соединений платформы FPSO
- Взаимодействие лодки и пирса
- Обтекание конструкции платформы
- Передача данных в Mechanical для расчета прочности платформы.

# Базовый курс. Введение в ANSYS Explicit Dynamics и AUTODYN часть 1

Продолжительность – 2 дня

Курс посвящен изучению технологии расчета динамических процессов в приложении ANSYS Explicit Dynamics. Рассмотрен интерфейс Explicit Dynamics, модели материалов, особенности создания сеточных моделей и некоторые особенности решателя AUTODYN. В практической части курса содержатся примеры решения разнообразных динамических задач: дроп-теста, взаимодействия ударника и преграды, расчет динамики предварительно напряженных конструкций и многих других.

Краткое содержание курса:

- Постановка задачи в Explicit Dynamics
- Введение в Workbench Explicit Dynamics
- Построение сетки
- Модели материалов
- Соединения
- Настройки расчета и параметризация.

Примеры:

- Удар цилиндра в преграду (тест Тейлора).
- Сдавливание алюминиевой банки
- Дроп-тест компьютерной платы
- Удар по предварительно напряженному цилиндру
- Дроп-тест предварительно напряженного газового баллона
- Сравнение различных типов сеток
- Расчет взаимодействия ударника и преграды в 2D-постановке
- Расчет распространения ударной волны в 1D постановке
- Отрыв лопатки вентилятора
- Взаимодействие ударника и преграды при ударе по касательной
- Удар падающего тела по балке из армированного бетона
- Расчет пробивания преграды из армированного бетона
- Использование технологии Mass Scaling при расчете сдавливания алюминиевой балки
- Дроп-тест пластиковой емкости
- Расчет динамики предварительно напряженной балки
- Изучение различных вариантов методом «что-если» в задаче с ударом цилиндра.
- Сдавливание алюминиевой банки с жидкостью внутри.

# Базовый курс. Введение в ANSYS AUTODYN часть 2

Продолжительность – 2 дня

Курс содержит теоретические основы решения динамических задач в явной постановке в ANSYS AUTODYN и предназначен для пользователей, прошедших обучение по курсу “Введение в Explicit Dynamics и AUTODYN”.

Рассмотрено использование Лагранжева, Эйлера, произвольного Лагранж-Эйлера (ALE), бессеточного (SPH) решателей и их сопряжение.

В практической части рассмотрены задачи удара, взрыва, взаимодействия ударника и преграды и др.

Краткое содержание курса:

- Введение в AUTODYN
- Мультиматериальный решатель Эйлера
- Интерфейс AUTODYN
- Основы AUTODYN
- Модели материалов
- Интеграция AUTODYN и ANSYS
- Эйлеров решатель для моделирования взрывов
- Произвольный лагранж-эйлеров решатель
- Бессеточный решатель (SPH)
- Использование параллельных вычислений в AUTODYN.

Примеры:

- Смятие заполненной алюминиевой банки
- Дроп-тест заполненного контейнера
- Взаимодействие ударника и преграды (2D)
- Расчет конструкции нагруженной импульсом
- Расчет шлема
- Расчет взаимодействия кумулятивной струи и преграды
- Расчет формирования кумулятивной струи
- Расчет взрывного нагружения преграды
- Взаимодействие ударника и преграды (2D), запуск из ANSYS Workbench
- Взрывное нагружение корабля
- Подрыв мины
- Взрыв в городе
- Подрыв самодельного взрывного устройства
- Удар птицы в крыло самолета (птицестойкость).

# Базовый курс. Введение в ANSYS MAPDL

## Продолжительность – 3 дня

Курс предназначен для новых пользователей, либо для тех, кто пользуется ANSYS Mechanical или MAPDL время от времени и стремится овладеть базовыми навыками работы в классической среде в полной мере.

Курс сочетает лекционный материал и решение задач. Рассматривается подготовка модели (препроцессинг), настройки решателя, обработка результатов (постпроцессинг); обзор создания сеточной модели; приложение граничных условий и нагрузок как при помощи классического интерфейса ANSYS MAPDL, так и с помощью команд APDL. Также есть краткий обзор взаимодействия классической среды MAPDL и ANSYS Mechanical.

## Краткое содержание курса:

- Ознакомительная демонстрация
- Элементы МКЭ теории
- APDL
- Создание и импорт геометрии
- Логика выбора
- Системы координат
- Атрибуты элементов
- Создание сетки
- Граничные условия и нагрузки
- Решатели
- Обработка результатов
- Модальный анализ и гармонический методом суперпозиции мод
- Уравнения связи
- Использование параметров
- 2D расчет
- Балочные и оболочечные элементы
- Контакт
- Затяжка болтов
- Специальные элементы нагрузок
- Связанный расчет
- Командные объекты в ANSYS Mechanical.

## Примеры:

- APDL
- Создание геометрии
- Импорт геометрии
- Логика выбора
- Системы координат
- Атрибуты элементов
- Создание сетки
- Граничные условия
- Модальный анализ
- Гармонический анализ методом суперпозиции мод
- Периодические граничные условия
- Передача моментов
- Функции \*GET для создания удаленной точки
- Запись результатов в текстовый файл
- Табличное нагружение
- Подвесной кронштейн
- Сосуд под давлением
- Швеллер
- Балки и оболочки
- Склеенный контакт
- Застежка и стандартный контакт
- MPC контакт с помощью пилотного узла
- Затяжка болта
- Нагрузка при помощи SURF154
- Моделирование конвекции
- Одностороннее термомеханическое связывание
- Термомеханической связывание через специальные элементы
- Импульсный термоэлектрический нагреватель.

# Базовый курс. Введение в ANSYS Mechanical

Продолжительность – 3 дня

Курс предназначен для новых пользователей, либо для тех, кто пользуется ANSYS Mechanical время от времени и стремится овладеть базовыми навыками работы в полной мере.

Курс сочетает лекционный материал и решение задач. Рассматривается подготовка модели (препроцессинг), настройки решателя, обработка результатов (постпроцессинг); краткий обзор создания сеточной модели в ANSYS Meshing; приложение граничных условий и нагрузок.

Краткое содержание курса:

- Введение
- Основы и интерфейс ANSYS Mechanical
- Препроцессорная обработка
- Построение сетки
- Контакты, шарниры, стержни и пружины
- Удаленные граничные условия
- Статический анализ
- Модальный анализ
- Стационарный тепловой анализ
- Многошаговый анализ
- Обработка результатов и постпроцессинг
- Импорт CAD и параметры
- Метод подмоделирования (доп. глава)
- Линейный анализ потери устойчивости (доп. глава)
- Моделирование балок (доп. глава)
- Моделирование оболочек (доп. глава).

Примеры:

- Основы ANSYS Mechanical
- 2D взаимодействие шестеренок
- Создание именованных наборов
- Генератор объектов
- Построение КЭ сетки на примере сборки
- Управление контактами
- Применение шарниров
- Применение удаленных граничных условий
- Уравнения связи
- Линейный прочностной анализ сборки насоса
- Создание соединений при помощи стержней
- Поиск собственных частот металлической рамы
- Стационарный тепловой расчет крышки насоса
- Многошаговый расчет
- Оценка качества сетки
- Управление параметрами проекта
- Линейный анализ потери устойчивости (доп. пример)
- Применение метода подмоделирования (доп. пример)
- Моделирование балок (доп. пример)
- Моделирование оболочек (доп. пример)
- Подмоделирование оболочек (доп. пример).

# Базовый курс. Моделирование теплообмена в ANSYS Mechanical

Продолжительность – 1 день

Курс посвящен вопросам моделирования процессов теплопроводности в твердых телах, а также поверхностного лучистого теплообмена (конвективный тепловой поток моделируется как граничное условие). Рассматриваются типы элементов, свойства материалов, граничные условия, настройки решателя, инструменты постпроцессора, решение стационарных и нестационарных задач, в том числе с фазовым переходом. Примеры использования командных вставок на языке APDL.

Краткое содержание курса:

- Введение
- Теоретические основы теплопроводности
- Работа в препроцессоре
- Граничные условия и настройки решателя
- Стационарные задачи теплопроводности
- Нелинейные задачи теплопроводности
- Нестационарные задачи теплопроводности
- Специальные разделы курса. Теплообмен с фазовым переходом и применение командных вставок
- Расчет термонапряженного состояния.

Примеры:

- Теплопроводность стержня
- Теплопередача в нагревательной спирали
- Тепловой контакт
- Теплопроводность с поверхностным излучением
- Теплопередача в соленоиде
- Теплопередача в ребренной стенке с коэффициентами теплопроводности и теплоотдачи, заданными в виде функции температуры
- Нестационарная теплопередача при циклически изменяющейся объемной плотности тепловыделения
- Теплообмен при затвердевании алюминиевого ролика
- Расчет связанной термо-прочностной задачи.

# Базовый курс. Введение в ANSYS Motion

Продолжительность – 2 дня

Курс предназначен для новых пользователей, либо для тех, кто пользуется ANSYS Motion время от времени и стремится овладеть базовыми навыками работы в полной мере.

Курс сочетает лекционный материал и решение задач. Рассматривается подготовка модели (препроцессинг), настройки решателя, обработка результатов (постпроцессинг); краткий обзор возможностей наборов Car, Links, Drivetrain и решателя EasyFlex.

Краткое содержание курса:

- Введение
- Основы и интерфейс ANSYS Motion
- Структура моделей
- Подготовка задачи (препроцессинг)
- Шарниры и контакты
- Модальный и гармонический анализ
- Динамика механических систем
- Моделирование по шаблонам
- Наборы инструментов Car, Links, Drivetrain
- Область применения и возможности решателя EasyFlex.

Примеры:

- Анализ динамики кривошипно-шатунного механизма
- Гармонический анализ безколлекторного двигателя
- Анализ усталостной прочности рычага подвески
- NVH-анализ привода
- Анализ ременного привода ГРМ
- Динамика автомобиля (half и full подходы)
- Дроп-тест принтера.

Примечание:

Базовый курс может быть расширен задачами пользователя по желанию заказчика.

# Специализированный курс. ANSYS nCode

Продолжительность – 2 дня

Данный курс предназначен для пользователей, знакомых с ANSYS Mechanical.

Содержит теоретические основы расчета на усталостную прочность при пропорциональном и непропорциональном нагружении конструкций. Рассмотрены подходы расчета долговечности по напряжениям (S-N), по деформациям (E-N), задание истории нагружения, расчет усталостной прочности при вибрационном нагружении, рассмотрены примеры задач анализа конструкций данными методами.

Краткое содержание курса:

- Введение в расчеты усталости
- Интеграция Workbench и nCode Design-Life
- Графический интерфейс nCode Design-Life
- Импорт результатов КЭ расчета
- Свойства материала
- Разнесение нагрузки по временной развертке
- Блоки нагружения
- Расчет усталости по напряжениям
- Расчет усталости по деформациям
- Усталость от вибраций
- DesignLife в одиночном режиме.

Примеры:

- Готовый проект
- Простая многоцикловая усталость с постоянной амплитудой
- Импорт КЭ моделей
- Присвоение свойств материала
- Задание серии нагружений
- Импорт истории нагружения из КЭ расчета
- Блоки нагружения
- Расчет усталости по напряжениям
- Расчет усталости по деформациям
- Упруго пластическая коррекция.

# Специализированный курс. Анализ усталостной прочности в ANSYS Fatigue

## Продолжительность – 1 день

Курс предназначен для пользователей, знакомых с основами ANSYS Mechanical и желающих повысить свой уровень владения программой за счет освоения анализа усталостной прочности конструкций. Модуль Fatigue позволяет провести оценку долговечности в условиях простых циклических нагрузок.

Курс сочетает в себе как практическую часть, так и теоретическую.

## Краткое содержание курса:

- Основные сведения об явлении усталости
- Долговечность по напряжениям: постоянная амплитуда, пропорциональное нагружение
- Долговечность по напряжениям: переменная амплитуда, пропорциональное нагружение
- Долговечность по напряжениям: постоянная амплитуда, непропорциональное нагружение
- Долговечность по деформациям: постоянная амплитуда, пропорциональное нагружение.
- Усталость при частотном воздействии.

## Примеры:

- Введение – метод долговечности по напряжениям
- Переменная амплитуда, пропорциональное нагружение, долговечность по напряжениям
- Постоянная амплитуда, непропорциональное нагружение, долговечность по напряжениям
- Долговечность по деформациям
- Усталость при частотном воздействии.

# Специализированный курс. Введение в ANSYS Additive Suite

Продолжительность – 2 дня

Курс рассматривает возможности семейства продуктов ANSYS Additive Suite, включающее Additive Prep, Additive Print и Workbench Additive для моделирования процессов аддитивного производства. Программа курса включает изучение функционала Additive Prep для подготовки модели к аддитивному производству, особенности проектирования и последовательность настройки моделирования в ANSYS Workbench и Additive Print, а также ключевые возможности продуктов.

Курс предназначен для пользователей знакомых с основами ANSYS Mechanical.

Краткое содержание курса:

## Additive Prep

- Введение в ANSYS Additive Prep

## Additive Print

- Введение в процесс DMLS (прямое лазерное спекание металлов)
- Введение в Additive Print
- Программное обеспечение для визуализации Paraview
- Калибровка и проверка
- Оценка результатов.

## ANSYS Workbench

- Общая информация о моделировании процесса аддитивного производства
- Проектирование для аддитивного производства
- Последовательность моделирования в Workbench Mechanical
- Команды APDL для моделирования процесса аддитивного производства.

Примеры:

## Additive Prep

- Работа в ANSYS Additive Prep

## Additive Print

- Анализ прямоугольной балки в Additive Print
- Постобработка прямоугольной балки и оптимизация поддержек
- Настройка процесса калибровки
- Оценка результатов для круглого стержня
- Оценка влияния ориентации.

## ANSYS Workbench

- Моделирование процесса аддитивного производства в Workbench Mechanical
- Создание поддержек.

# Специализированный курс. Введение в ANSYS Composite PrepPost

Продолжительность – 2 дня

Курс включает в себя теоретические и практические аспекты моделирования конструкций из композиционных материалов с помощью ANSYS Composite PrepPost.

Рассмотрен процесс создания конечно-элементных моделей конструкций из композитных материалов, инструменты анализа драпировки, инструменты задания ориентации слоев, постпроцессинг: послойный анализ критериев разрушения слоя, расслоения, местной потери устойчивости. Подробно раскрыты аспекты интеграции ANSYS Composite PrepPost в среду Workbench.

Краткое содержание курса:

- Основы композитных материалов
- Введение в ANSYS Composite PrepPost
- Обзор типовой последовательности моделирования и расчета ANSYS Composite PrepPost
- Локальные системы координат (розетки)
- Ориентированные наборы элементов
- Наборы правил для выделения элементов
- Моделирование драпировки в ANSYS Composite PrepPost
- Моделирование композитов объемными КЭ
- Анализ критериев разрушения композитных материалов
- Параметры в ACP.

Примеры:

- Моделирование сэндвич-панели
- Задание укладки т-образного соединения
- Использование наборов правил
- Моделирование сэндвич-панели
- Моделирование композитов объемными КЭ
- Доска для кайтсёрфинга
- Работа с параметрами.

# Специализированный курс. Применение балочных и оболочечных моделей в ANSYS Mechanical

## Продолжительность – 1 день

Курс посвящен подробному описанию особенностей, возможностей и инструментов для применения балочных и оболочечных элементов в среде ANSYS Mechanical. Кроме самих элементов также рассматривается набор инструментов для соединения тел на уровне сетки (наиболее распространенный вид соединения в модели из балок и оболочек).

Курс предназначен, для людей, уже знакомых с интерфейсом ANSYS (Workbench) Mechanical.

## Краткое содержание курса:

- Моделирование при помощи балок
- Моделирование при помощи оболочек
- Создание соединений на уровне сетки.

## Примеры:

- Расчет балочной конструкции плавучей платформы
- Расчет оболочечной модели сосуда
- Расчет выделенной подмодели сосуда (продолжение предыдущей работы)
- Работа с Т-образным соединением
- «Проклеивание» оболочечной модели на уровне сетки на примере конструкции баржи.

# Специализированный курс. Введение в ANSYS Workbench LS-DYNA

Продолжительность – 2 дня

Курс охватывает теоретические основы задания, решения и постпроцессинга динамических задач ANSYS LS-DYNA в среде Workbench Mechanical.

Рассмотрены вопросы интеграции ANSYS LS-DYNA в среду ANSYS Workbench, даны материалы по решению задач в лагранжевой постановке. В практической части представлены задачи удара, взаимодействия ударника и преграды, динамической потери устойчивости и др.

Краткое содержание курса:

- Теоретические основы явной динамики и Workbench LS-DYNA
- Настройки расчета, граничные условия и особенности работы с жесткими телами
- Обработка результатов средствами Workbench LS-DYNA и LS-PrePost
- Моделирование соединений
- Квазистатический расчет
- Модели материала и Engineering Data
- Построение сетки
- Формулировки элементов
- Командный язык (карты) LS-DYNA.

Примеры:

- Испытание Тейлора
- Ротационно-вытяжная гибка
- Мастер дроп-теста в Workbench LS-DYNA
- Обработка результатов в LS-PrePost
- Удар по трубе
- Квазистатический расчет
- Построение сетки
- Дроп тест
- Задача птицестойкости крыла самолета.

# Специализированный курс. Динамика абсолютно жестких тел в ANSYS

Продолжительность – 1 день

В курсе рассматривается моделирование как систем только с абсолютно жесткими телами, так и систем и с жесткими и деформируемыми телами, а также подробно раскрыты возможности использования шарниров.

Курс предназначен для пользователей, знакомых с основами ANSYS Mechanical.

Краткое содержание курса:

- Введение в расчеты многотельных систем
- Проведение расчета динамики абсолютно жестких тел
- Шарниры
- Расчеты систем с деформируемыми и жесткими телами

Примеры:

- Создание сборки
- Механизм привода
- Кривошипно-ползунный механизм.

# Специализированный курс. Динамика в ANSYS

Продолжительность – 2 дня

Курс содержит теоретическую часть об основах уравнения движения и его применении в различных динамических расчетах. Курс предназначен для пользователей, знакомых с основами ANSYS Mechanical.

В практической части рассматриваются задачи модального, гармонического, спектрального, анализа случайных вибраций и анализа переходных процессов.

Краткое содержание курса:

- Введение в динамику
- Демпфирование
- Модальный анализ
- Циклическая симметрия
- Учет преднагружения
- Гармонический анализ
- Спектральный анализ
- Анализ случайных вибраций
- Анализ динамики переходных процессов.

Примеры:

- Расчет вибрационных характеристик маховика
- Исследование влияния демпфирования
- Расчет свободных колебаний пластины с отверстием
- Диск с лопатками
- Циклическая симметрия конического зубчатого колеса
- Линейное возмущение двух балок
- Нахождение гармонического отклика заземленной пластины
- Спектральный анализ преднапряженного подвесного моста
- Нахождение отклика металлического каркаса на спектр ускорений
- Моделирование соударения колеса и металлического бруска
- Нестационарный анализ сборки крана
- Вращение вала в нестационарном анализе.

# Специализированный курс. Использование команд MAPDL в ANSYS Workbench

## Продолжительность – 2 дня

В данном курсе раскрыты возможности использования командных объектов для расширения функционала ANSYS Workbench.

Рассматриваются основные принципы работы команд и устройство классической среды ANSYS MAPDL, а также моделирование с помощью командных вставок в ANSYS Workbench Mechanical.

Курс предназначен для пользователей, знакомых с основами работы в ANSYS Mechanical.

## Краткое содержание курса:

- Введение
- Введение в APDL
- Атрибуты
- Обработка результатов
- APDL команды
- Использование APDL в WB Mechanical.

## Примеры:

- Вводная задача в MAPDL
- Логика выбора
- Вентиляционный канал
- APDL скрипт
- Силы в точечной сварке
- Параметры точечной сварки
- Параметры массивы
- Элементы армирования
- Усилия в точечной сварке в Mechanical.

# Специализированный курс. Использование нелинейных контактов в ANSYS

Продолжительность – 2 дня

Курс предназначен для пользователей, знакомых с основами проведения линейных и нелинейных расчетов в ANSYS Mechanical и желающих повысить свой уровень владения программой за счет освоения работы с нелинейными контактами.

Рассматривается технология контактов, использование команд APDL, затяжка болта и моделирование прокладок.

Краткое содержание курса:

- Введение
- Обзор технологии контактов
- Настройка поверхностей
- Использование команд APDL в настройке контакта Моделирование затяжки болта
- Моделирование прокладок
- Общий контакт.

Примеры:

- Автоматическое определение
- Использование Worksheet для настройки контакта
- Настройка поверхностей контакта
- Стабилизация контакта
- Контакты с трением
- Давление жидкости
- Затяжка болта
- Затяжка болта с большим поворотом
- Максимальные касательные напряжения
- Моделирование износа
- Моделирование затяжки болта
- Моделирование прокладок.

# Специализированный курс. Использование нелинейных материалов в ANSYS

Продолжительность – 1 день

Курс содержит теоретическую часть об основах нелинейного поведения материалов, основных и специализированных моделях материалов, аппроксимации экспериментальных кривых и предназначен для пользователей, знакомых с основами проведения линейных и нелинейных расчетов в ANSYS Mechanical.

В практической части рассматривается модель Шабоша, а также модели пластичности, гиперупругости и вязкоупругости.

Краткое содержание курса:

- Введение
- Пластичность
- Технология элементов
- Вязкопластичность
- Ползучесть
- Гиперупругость
- Вязкоупругость
- Продвинутое моделирование материалов.

Примеры:

- Модель Шабоша
- Ползучесть
- Гиперупругость
- Вязкоупругость

Дополнительные темы:

- Модель анизотропной пластичности Хилла
- Модель пластичности серого чугуна
- Модель Microplane для моделирования бетона
- Модели сплавов с памятью формы.

# Специализированный курс. Механика разрушения в ANSYS Mechanical

Продолжительность – 1 день

Курс охватывает теоретические основы задания, решения и постпроцессинга задач механики разрушения. Рассмотрен процесс получения коэффициентов интенсивности напряжения, J- интеграла и других характерных параметров механики разрушения для ряда различных методик моделирования трещины.

Краткое содержание курса:

- Введение в механику разрушения
- Инструменты моделирования трещин
- Моделирование полуэллиптической трещины
- Трещина произвольной формы
- Моделирование трещины на уровне геометрии
- Метод виртуального закрытия трещины VCCT и моделирование расслоения
- Метод моделирования развития трещины SMART
- Обзор метода расчета развития трещины XFEM.

Примеры:

- Полуэллиптическая трещина
- Трещина произвольной формы
- Предварительно созданная трещина
- Метод виртуального закрытия трещины VCCT
- Раскрытие Bonded контакта
- Расслоение в материале
- Моделирование развития трещины методом SMART.

# Специализированный курс. Основы ALE и SPH расчетов в LS-DYNA

Продолжительность – 2 дня

Курс содержит теоретические основы решения динамических задач в явной постановке в LSDYNA и предназначен для пользователей, прошедших обучение по курсу “Введение в ANSYS LS-DYNA”.

Рассмотрены основные методики постановки и решения задач в постановках Эйлера, ALE и SPH, а также возможные методы связывания элементов данных формулировок с элементами в формулировке Лагранжа.

В практической части рассмотрены задачи удара, взрыва, взаимодействия ударника и преграды и др.

Краткое содержание курса:

- Основы ALE метода
- Взаимодействие тел и материалов
- Создание домена
- Моделирование взрыва
- Основы SPH метода
- S-ALE метод.

Примеры:

- Испытание тейлора в постановке ALE
- Пробивание в постановке Эйлера
- Устранение протекания
- Пробитие лагранжевым ударником
- Птицестойкость
- Удар цилиндром
- Использование Shell контейнера
- Кумулятивный снаряд
- Гиперскоростной удар в SPH постановке
- Плескание
- S-ALE метод в WB LS-DYNA
- S-ALE метод в LS PrePost
- Применение карты Load Blast Enhanced.

# Специализированный курс. Практические рекомендации и эффективные методы работы в ANSYS Mechanical

Продолжительность – 2 дня

Курс будет полезен пользователям, уже знакомым с ANSYS.

В курсе приведены созданные на основе опыта применения ANSYS и технической поддержки пользователей методики и техники, упрощающие работу и получение точных результатов. Кроме того, затрагиваются основы работы метода конечных-элементов и используемых в ANSYS Mechanical методов численного интегрирования, необходимых для решения задач механики деформируемого твёрдого тела.

Подробно разбираются ответы на вопросы: «Как можно уменьшить размерность задачи без потери точности?», «Какую сетку конечных элементов стоит использовать?» и «Как убедиться, что полученное решение достаточно точно?».

Краткое содержание курса:

- Обзор МКЭ. Просто и трудно решаемые задачи
- Теория элементов. Основные уравнения. Численное интегрирование.
- Типы элементов
- Подготовка модели
- Свойства симметрии при моделировании
- Нагрузки и граничные условия
- Решение и проверка результатов.

Примеры:

- Исследование сетки
- Опции интегрирования
- Подбор элементов
- Сравнение результатов моделирования одной детали разными способами
- Сингулярности напряжений
- Применение свойств симметрии
- Решение и обработка результатов.

# Специализированный курс. Роторная динамика в ANSYS

Продолжительность – 1 день

Курс предназначен для пользователей, знакомых с основами ANSYS Mechanical, и освоивших раздел «Динамика».

Содержит теоретические сведения о динамике вращающихся тел и практический материал для решения задач роторной динамики, таких как модальный анализ, построение диаграммы Кэмпбелла, определение устойчивости ротора и критических скоростей; гармонический анализ для нахождения амплитуд колебаний вращающегося ротора при дисбалансе, а также анализ переходных процессов для моделирования отклика ротора к разгону, останову и внешним динамическим воздействиям.

Краткое содержание курса:

- Введение в роторную динамику
- Модальный анализ
- Гармонический анализ
- Типы конечных элементов с поддержкой матриц Кориолиса и/или гироскопического эффекта.

Примеры:

- Ротор Нельсона
- Консольный ротор
- Карта критических скоростей
- Гармонический отклик
- Общие осесимметричные элементы

# Специализированный курс. Создание и настройка АСТ расширений

Продолжительность – 2 дня

Курс посвящен созданию пользовательских АСТ расширений функционала ANSYS Mechanical.

В ходе курса рассматривается программирование на языке Python, и даются пошаговые инструкции по созданию различных расширений.

Курс предназначен для опытных пользователей ANSYS Mechanical.

Краткое содержание курса:

- Основы АСТ
- Основы программирования на языке Python
- Отладка скриптов с помощью консоли IronPython Console.

Примеры:

- Установка готового АСТ расширения
- Создание и установка бинарного расширения
- Исследование консоли IronPython
- Разработка пользовательского расширения, добавляющего пользовательские нагрузки
- Разработка пользовательского расширения, добавляющего пользовательские результаты
- Разработка пользовательского расширения, использующего APDL команды.

# Специализированный курс. Топологическая оптимизация в ANSYS Mechanical

## Продолжительность – 2 дня

Курс предназначен для тех, кто пользуются ANSYS Mechanical и стремится овладеть основными навыками решения задач топологической оптимизации.

Курс сочетает лекционный материал и решение задач. Рассматривается общая процедура решения, постановка задачи оптимизации, целевые функции, граничные условия, а также процесс редактирования результата топологической оптимизации в SpaceClaim

## Краткое содержание курса:

- Материал вдоль пути нагружения
- Топологическая оптимизация на основе статического расчета
- Работа в CAD
- Преобразование геометрии
- Пример оптимизации детали винта вертолета
- Использование производственных ограничений
- Топологическая оптимизация на основе модального анализа
- Применение топологической оптимизации.

## Примеры:

- Конструкция Michell
- Передача STL файла
- Топологическая оптимизация на основе статического расчета
- Несколько случаев нагружения
- Работа в CAD
- Преобразование геометрии
- Топологическая оптимизация на основе модального анализа
- Оптимизация пространственной структуры.

# Специализированный курс. Расширенные возможности ANSYS Mechanical

Продолжительность – 3 дня

Данный курс посвящен продвинутым возможностям работы ANSYS Mechanical и также включает в себя специализированный курс «Использование команд MAPDL в ANSYS Workbench».

Рассматриваются такие темы как продвинутая обработка результатов, экспорт и импорт разнообразных данных, а также основные принципы работы команд, устройство классической среды ANSYS MAPDL и моделирование с помощью командных вставок в ANSYS Workbench Mechanical.

Курс предназначен для пользователей, знакомых с основами работы в ANSYS Mechanical.

Краткое содержание курса:

- Продвинутая обработка результатов
- Импорт данных при помощи External Data
- Импорт моделей и создание сборок
- Процесс решения
- Введение в APDL
- Атрибуты
- Обработка результатов
- APDL команды
- Использование APDL в WB Mechanical.

Примеры:

- Обработка результатов осесимметричной модели сосуда по нормам ASME
- Экспорт/импорт НДС на примере расчета пробивания трубы после гибки
- Импорт в Mechanical старой модели фюзеляжа самолета в формате CDB
- Вводная задача в MAPDL
- Логика выбора на примере примитива
- Работа с MAPDL на примере вентиляционного канала
- Создание APDL скрипта на примере простой задачи консольной балки
- Нахождение усилий в точечной сварке при помощи интерфейса MAPDL
- Создание параметров усилий в точечной сварке и запись во внешний файл
- Разбор макроса по сохранению полей напряжений и деформаций.

# Электромеханика

# Базовый курс. Моделирование электромагнитного поля в ANSYS Maxwell 2D/3D

Продолжительность – 4 дня

Курс посвящен моделированию электромагнитного поля в плоской, осесимметричной, трехмерной постановке. Решение задач стационарного, гармонического, нестационарного электромагнитного поля. Определение характеристик: напряженность магнитного поля, магнитная индукция, магнитный поток, матрицы индуктивностей и других характеристик. Рассматриваются свойства материалов, граничные условия, настройки решателей, инструменты постпроцессора.

Для пользователей, ранее не работавших в ANSYS Simplorer (Twin Builder), ANSYS Maxwell часть времени уделяется ознакомлению с интерфейсом программы, созданию геометрической модели, сеточной модели.

Курс рекомендован начинающим пользователям.

Краткое содержание курса:

- Теоретические основы
- Работа с графическим интерфейсом пользователя
- Типы анализа. На данном этапе учащиеся выбирают более приоритетное направление
- Свойства материалов, работа с библиотеками материалов
- Виды граничных условий. Методы упрощения моделирования
- Сеточный генератор, сеточные операции
- Адаптивное решение. Оценка погрешностей вычислений
- Вычисление емкости и индуктивности
- Размагничивание нелинейных постоянных магнитов, определение рабочей точки по намагниченности
- Работа с постпроцессором
- Модуль ANSYS Optimetrics. Параметрические расчеты. Задание пользовательских переменных
- Задачи переходных процессов. Постановка задач с движением элементов модели
- Прямой и косвенный метод оценки потерь в электротехнической стали в переменном магнитном поле
- Управление конечноэлементной моделью электрическими схемами ANSYS Maxwell Circuit Editor
- Краткое знакомство со средой моделирования сложных схем системного уровня ANSYS Simplorer (Twin Builder)
- Простые задачи оптимизации
- Простые примеры связанных задач.

# Базовый курс. Задачи моделирования электрических машин в ANSYS Motor-CAD

Продолжительность – 3-9 дней (зависит от выбранного содержания)

Курс посвящен моделированию электрических машин в междисциплинарном расчетном модуле, содержащем магнитный, тепловой, механический решатели. Курс обучения представлен несколькими типами электрических машин с подробными пояснениями настроек решателей.

Курс рекомендован начинающим пользователям. По окончании курса пользователи получают рекомендации к самостоятельной работе и необходимые материалы.

Краткое содержание курса:

- Синхронная машина с постоянными магнитами
- Индукционная машина прямого пуска
- Индукционная машина, работа в составе инвертора
- Синхронно-реактивная машина
- Motor-CAD в моделировании системного уровня
- Междисциплинарная оптимизация электрической машины с помощью ANSYS OptiSLang
- Тепловые расчеты в ANSYS Motor-CAD.

# Базовый курс. Задачи моделирования электрических машин в ANSYS Maxwell 2D/3D

Продолжительность – 4 дня

Курс посвящен моделированию электромагнитного поля в плоской, осесимметричной, трехмерной постановке. Решение задач стационарного, гармонического, нестационарного электромагнитного поля. Определение характеристик: напряженность магнитного поля, индукция, магнитный поток, матрицы индуктивностей и ёмкостей и многое другое. Рассматриваются свойства материалов, граничные условия, настройки решателя, инструменты постпроцессора. Включает решение нестационарных задач с движением и ориентирован на проблемы моделирования электрических машин.

Для пользователей, ранее не работавших в ANSYS, Simplorer (Twin Builder), Maxwell часть времени уделяется ознакомлению с интерфейсом программы, созданию упрощению геометрических моделей, сетки. Продолжительность может сильно варьироваться в зависимости от предпочтений обучаемых. Курс является дополнением курса ANSYS Maxwell 2D/3D, более ориентированным на электрические машины. Курсы по задачам пользователей в данный раздел не входят.

Курс рекомендован начинающим пользователям. По окончании курса пользователи получают рекомендации к самостоятельной работе и необходимые материалы.

Краткое содержание курса:

- Специальное решение для электрических машин ANSYS Rmxprt
- Выбор типа электрической машины
- Работа с заполнением табличных форм: задание основных геометрических размеров, свойств материалов, параметры обмоток и многое другое
- Аналитический расчет характеристик электрической машины
- Параметризация расчета. Задание пользовательских переменных. Параметрический анализ, распараллеливание и расчет на удаленной вычислительной станции
- Работа с постпроцессором
- Примеры оптимизации характеристик модели
- Примеры создания 2D/3D полевой задачи в ANSYS Maxwell на основании расчетной модели Rmxprt
- Настройка задач с движением
- Использование встроенных макросов для создания расчетных моделей вращающихся машин
- Моделирование силовых цепей и цепей управления в ANSYS Simplorer (Twin Builder) в комплексе с аналитической моделью электрической машины Rmxprt или конечноэлементной моделью Maxwell 2D/3D.

# Специализированный курс по задачам пользователя. Моделирование электромагнитного поля в ANSYS Maxwell 2D/3D

Продолжительность – зависит от сложности задания

Обязательное условие - прохождение базового курса.

Формируется техническое задание и отводится время на подготовку.

Курс посвящен моделированию электромагнитного поля в плоской, осесимметричной, трехмерной постановке. Решение задач стационарного, гармонического, нестационарного электромагнитного поля. Определение характеристик: напряженность магнитного поля, магнитный поток, матрицы индуктивностей и других характеристик.

Рассматриваются свойства материалов, граничные условия, настройки решателя, инструменты постпроцессора. Курс включает решение нестационарных задач с движением.

Курс рекомендован пользователям, знакомым с методами моделирования.

Краткое содержание курса:

По предоставленным расчетным моделям решаются задачи магнитостатики, гармонического поля, переходных процессов. Отдельно рассматриваются задачи электростатики.

# Специализированный курс по задачам пользователя. Моделирование электромагнитного поля в ANSYS Maxwell 2D/3D. Междисциплинарные расчеты

Продолжительность – зависит от сложности задания

Курс предполагает знания на уровне базовых курсов по ANSYS Maxwell 2D\3D, в случае междисциплинарных расчетов дополнительно по ANSYS IcePak, ANSYS Fluent, ANSYS Meshing, Fluent Meshing.

Формируется техническое задание и отводится время на подготовку курса.

Курс посвящен моделированию электромагнитного поля в плоской, осесимметричной, трехмерной постановке. Решение задач стационарного, гармонического, нестационарного электромагнитного поля. Определение характеристик: напряженность магнитного поля, магнитный поток, матрицы индуктивностей и емкостей, теплового состояния модели.

Рассматриваются свойства материалов, граничные условия, настройки решателя, инструменты постпроцессора. Курс включает решение нестационарных задач с движением.

Курс рекомендован пользователям, знакомым с методами моделирования.

Краткое содержание курса:

По предоставленным расчетным моделям решаются задачи магнитостатики, гармонического поля, переходных процессов, решение междисциплинарной задачи электромагнетизм - теплообмен.

# Специализированный курс. Моделирование теплового состояния электрических машин в среде ANSYS Fluent и ANSYS Maxwell. Междисциплинарные расчеты

Продолжительность – 4 дня

Курс предполагает знания на уровне базового курса по моделированию электрических машин в ANSYS Maxwell 2D\3D и смешанному теплообмену в ANSYS Fluent.

Курс посвящен демонстрации рабочего процесса решения задачи смешанного теплообмена в электрических машинах в среде ANSYS Fluent. Исходные данные формируются в ANSYS Maxwell. В рамках курса решаются нестационарные магнитные задачи с движением, используется постпроцессор для оценки полученных результатов, подготавливается геометрическая модель в ANSYS SpaceClaim, качественная сеточная модель для задач теплообмена строится в ANSYS Fluent Meshing.

По договоренности может быть использована модель электрической машины пользователя.

Курс рекомендован пользователям, знакомым с методами моделирования.

Краткое содержание курса:

- Настройка задачи ANSYS Maxwell
- Подготовка геометрической модели в ANSYS SpaceClaim
- Создание сеточной модели в ANSYS Fluent Meshing
- Настройка решения в ANSYS Fluent и сопряжение с ANSYS Maxwell
- Одностороннее и двустороннее решение магнитной-тепловой задачи.

# Специализированный курс. Моделирование электромагнитов в ANSYS Maxwell

Продолжительность – 4 дня

Курс предполагает знания на уровне базового курса по моделированию электромагнитного поля в ANSYS Maxwell 2D\3D.

Курс посвящен моделированию электромагнитного поля электромагнитов в осесимметричной и трехмерной постановке. В рамках курса решаются стационарные и нестационарные магнитные задачи, используется постпроцессор для оценки полученных результатов. Рассматриваются свойства материалов, граничные условия, настройки решателя, инструменты постпроцессора. Курс включает решение нестационарных задач с движением.

Курс рекомендован пользователям, знакомым с методами моделирования.

Краткое содержание курса:

- Общие подходы к моделированию электромагнитов
- Магнитные задачи с движением якоря
- Методы задания нагрузки и пружины для якоря
- Эффекты вихревых токов в массивных ферромагнетиках
- Боковые нагрузки на якорь
- Автоматизация в задании катушек электромагнитов
- Остаточное намагничивание электротехнической стали
- Оптимизация геометрических размеров.

# Специализированный курс. Моделирование индукционного нагрева с ANSYS System Coupling

Продолжительность – 3 дня

Курс предполагает знания на уровне базового курса по моделированию электромагнитного поля в ANSYS Maxwell 2D\3D, а также модулей ANSYS Mechanical Transient или ANSYS Fluent для теплового анализа.

Курс посвящен моделированию переменного электромагнитного поля в трехмерной постановке и его влиянию на нагрев ферромагнетиков. В рамках курса решаются гармонические магнитные задачи, определяются индукционные токи, объемные тепловыделения в индукторе и ферромагнитной заготовке. Среда ANSYS System Coupling объединяет магнитный решатель и нестационарный тепловой, что позволяет иметь качественную картину нагрева заготовки во времени при сильном изменении свойств материалов.

Курс рекомендован пользователям, знакомым с методами моделирования.

Краткое содержание курса:

- Гармонические магнитные задачи в ANSYS Maxwell
- Температурнозависимые свойства материалов
- Настройка тепловой модели в ANSYS Transient Thermal
- Настройка переменной синхронизации для изменения тока, частоты, положения индуктора во времени
- Настройка платформа ANSYS System Coupling для междисциплинарного решения.

# Специализированный курс. Моделирование электрических машин в ANSYS Maxwell 2D/3D

Продолжительность – 5 дней

Курс предполагает знания на уровне базового курса по моделированию электрических машин в ANSYS Maxwell 2D\3D.

Курс посвящен моделированию электромагнитного поля электрических машин в плоской, и трехмерной постановке. В рамках курса решаются стационарные и нестационарные магнитные задачи, используется постпроцессор для оценки полученных результатов. Рассматриваются свойства материалов, граничные условия, настройки решателя, инструменты постпроцессора. Курс включает решение нестационарных задач с движением.

В расширенном курсе используется вспомогательная программа оптимизации ANSYS OptiSLang, настраиваемые приложения ACT для построения карт эффективности электрических машин.

Курс рекомендован пользователям, знакомым с методами моделирования.

Краткое содержание курса:

- Построение геометрических моделей электрических машин с использованием библиотеки примитивов UDP
- Оценка влияния зубовых пульсаций на качество вращающего момент
- Сеточные операции для дискретизации расчетных моделей
- Баланс мощности в электрической машине
- Оптимизация магнитной системы с помощью ANSYS OptiSLang
- Создание ROM модели синхронной машины с постоянными магнитами
- Размагничивание постоянных магнитов
- Быстрый выход на установившееся состояние для асинхронных двигателей
- Инструменты Electric Machine Toolkit для построения карты эффективности.

# Высокочастотные устройства

# Базовый курс. Введение в ANSYS HFSS

Продолжительность – 4 дня

В курсе рассматривается процесс настройки проекта в ANSYS HFSS (продукт для высокочастотного анализа) для расчета простейших антенн и СВЧ-устройств.

В курсе пользователь знакомится с графическим интерфейсом среды разработки ANSYS Electronics Desktop (AEDT), в которую интегрирован инструмент HFSS (High Frequency Structural Simulator). В курсе рассматриваются этапы рабочего процесса в ANSYS HFSS: создание геометрии, настройка границ и пространства моделирования, волноводные и сосредоточенные порты, настройка решения, частотной развертки, постобработка результатов расчетов.

Постобработка заключается в получении графиков S-параметров и наложении полей на геометрию. Курс носит практический характер, около 60% времени посвящено практическим занятиям, а 40% времени – рассмотрению теоретических вопросов.

Курс также знакомит с высокопроизводительными вычислениями (HPC), параметрическим анализом (Parametric) и оптимизацией (Optimetrics) в пакете ANSYS HFSS.

Краткое содержание курса:

- Граничные условия и пространство моделирования
- Настройка проекта. Сетка и частотная развертка
- Постобработка. S-параметры и наложение полей на геометрию
- Создание геометрии в ANSYS HFSS
- Волновые порты (Wave ports) и сосредоточенные порты (Lumped ports)
- Высокопроизводительные вычисления (HPC) и оптимизационный анализ (Optimetrics).

# Базовый курс. Анализ печатных плат в ANSYS HFSS 3D-Layout

Продолжительность – 4 дня

Базовый курс по анализу печатных плат в пакете ANSYS HFSS 3D-Layout, доступного в AEDT (ANSYS Electronics Desktop). Курс предназначен для тех, кто только приступает к работе в этом программном продукте.

В курсе изучается работа с интерфейсом, просмотр слоев печатной платы, компоновки, портов, межслойных переходов (via), определение границ моделирования и т. д. На практиках рассматривается анализ дифференциального межслойного (via) перехода, спиральная катушка индуктивности, плоская антенная решетка, часть печатной платы и пример сотового телефона.

Краткое содержание курса:

- Работа с моделью в ANSYS HFSS 3D-Layout и визуализация данных
- Решатели, построение сетки и настройки решения
- Виды портов в ANSYS HFSS 3D-Layout
- Границы пространства моделирования
- Получение глаз-диаграмм, рефлектометрия во временной области
- Подготовка модели сотового телефона для анализа.

# Базовый курс. Основы работы в ANSYS SIwave

Продолжительность – 4 дня

ANSYS SIwave - это расширенный инструмент для анализа и проектирования сложных печатных плат. Инструмент позволяет определять S-параметры, извлекать RLCG-характеристики. ANSYS SIwave предлагает множество различных анализов, включая сканирование импеданса, падение напряжения постоянного тока IR, рефлектометрию во временной области (TDR).

Краткое содержание курса:

- Настройка анализа Signal Integrity (SI), включая сканирование импеданса, SYZ и TDR
- Настройка анализа Power Integrity (PI), включая SYZ, RLGC
- Настройка и конфигурация компонентов печатной платы (R, L, C), портов и оконечных устройств
- Настройка компонентов SPICE-моделей и S-параметров
- DC IR анализ печатной платы.

# Специализированный курс. Работа с 3D компонентами, граничными условиями, портами и сеткой в ANSYS HFSS

Продолжительность – 2 дня

В курсе рассматриваются подходы полного 3D моделирования высокочастотных структур методом конечных элементов. Рассматриваются вопросы иерархического размещения 3D-компонентов в различных системах координат в рамках одного HFSS проекта.

Рассматривается работа с граничными условиями для 2D поверхностей и 3D поглощающие граничные условия для объемных структур. Отдельное внимание уделяется тонкостям работы с полноводными портами (размеры полноводного порта, 2D поля в портах, режимы работы и т. д.).

Также в курсе рассматривается работа FEM-решателя (Finite Element Method – метод конечных элементов), адаптивное построение сетки, сетки для многорезонансных структур, заполнение сетки и настройка решения.

Краткое содержание курса:

- Работа с 3D-компонентами в ANSYS HFSS
- Граничные условия
- Настройка портов в ANSYS HFSS. Работа портов, особенности применения различных портов для различных видов задач
- Особенности построение сетки FEM-методом

# Специализированный курс. Анализ антенн в ANSYS HFSS

Продолжительность – 4 дня

В курсе изучается работа в ANSYS HFSS на примере анализа антенн. Рассматривается работа с граничными условиями (Absorbing, Radiation PML / ABC, Radiation, FE-BI), полями в ближней и дальней зонах, динамическая связь со схемным редактором (Circuit Design), оптимизация с помощью Optimetrics.

Рассматриваются вопросы моделирования с применением FE (Finite Element) – решателя, при использовании которого происходит построение объемной сетки методом конечных элементов.

Изучается работа с граничными интегральными поверхностями (Boundary Integral) для построения 2D сетки и расчета больших электрических структур: интегральные поверхности (IE Region), методы физической оптики (PO) и метод SBR+.

В заключительных разделах курса изучается работа с гибридными областями FE-BI (Finite Element – Boundary Integral).

Краткое содержание курса:

- Поля в ближней и дальней зонах
- Источники питания и различные виды поляризации
- Граничные условия для расчета антенн
- Динамическая связь со схемным редактором на примере решения задачи согласования
- Решение задач оптимизации
- Интегральное граничное условие (IE Region)
- Расчет антенны с применением гибридных областей и граничными интегральными поверхностями (IE, PO, SBR+)
- Решение задач с применением гибридных регионов.

# Специализированный курс. ANSYS HFSS SBR+. Расчет размещения антенн на объектах

Продолжительность – 2 дня

В курсе изучается работа метода SBR+ в ANSYS HFSS.

Рассматривается размещение антенн на электрически больших платформах и расчет развязки между антеннами (antenna coupling).

На практических семинарах рассматривается анализ антенны, установленной в боковом зеркале автомобиля, влияние кузова автомобиля на антенные характеристики. Также рассматривается развязка между мобильной антенной внутри автомобиля и антенной в зеркале заднего вида, а также развязка между Wi-Fi антенной в салоне автомобиля и антенной в гараже (расчет производится с учетом свойств материала гаража и дорожного покрытия).

Краткое содержание курса:

- Применение 3D-компонентов
- Размещение антенн на электрически больших платформах
- Развязка антенн
- SBR+ для развязки между антеннами в автомобиле и в гараже.

# Специализированный курс. Анализ слоистых структур в ANSYS HFSS 3D-Layout

Продолжительность – 3 дня

В курсе рассматривается анализ слоистых структур с использованием инструмента ANSYS HFSS 3D-Layout, доступного в среде AEDT (ANSYS Electronics Desktop).

Рассматривается интеграция 3D-компонентов и элементов печатных плат в HFSS 3D-Layout, оптимизация, анализ пассивных и активных цепей.

Краткое содержание курса:

- 3D-компоненты в ANSYS HFSS 3D-Layout
- Оптимизация межслойного (via) перехода
- Моделирование и анализ микрополоскового фильтра
- Создание динамической связи между HFSS 3D-Layout и схемным редактором (Circuit)
- ECAD Explorer. Предварительная обработка больших файлов формата GDSII перед их переводом в ANSYS HFSS 3D Layout.

# Специализированный курс. Анализ печатных плат в ANSYS HFSS 3D-Layout

Продолжительность – 3 дня

В курсе рассматривается анализ высокоскоростных печатных плат, работа с Padstack для настройки слоев печатных плат, создание дифференциального (via) перехода печатной платы с заземляющими плоскостями на разных слоях.

Рассматривается пример объединения модели корпуса, печатной платы и IBIS-модели в одной среде с использованием имитатора переходных процессов Nexxim из среды разработки AEDT (ANSYS Electronics Desktop).

В рамках курса рассматривается печатная плата, которая настраивается для получения глаз-диаграмм. Рассматриваются вопросы оптимизации устройства.

Настраивается модель разъемов, корпуса, печатной платы в одной среде и выбирается подходящий решатель. Кроме этого, настраивается DC IR – анализ постоянного тока и направления печатной платы.

Краткое содержание курса:

- ANSYS HFSS 3D-Layout. Работа с инструментом Padstack для настройки слоев платы
- Процесс сборки печатной платы и установка IBIS-контроллеров
- Настройка печатной платы для получения глаз-диаграмм
- Анализ коннектора на печатной плате
- DC IR анализ печатной платы.

# Специализированный курс. EM-анализ в ANSYS SIwave

Продолжительность – 3 дня

В курсе рассматривается анализа проблем электромагнитной совместимости печатных плат и устранение нарушений с помощью встроенных в ANSYS SIwave возможностей EM-анализа.

Рассматривается пример анализа системы с интерфейсом памяти на соответствие электрическим стандартам DDR4. Анализ целостности питания корпусов и печатных плат с использованием решателя SIwave-PSI.

Краткое содержание курса:

- Электромагнитные помехи (EMI)
- EMI-сканнер
- Индуцированное напряжение и резонансные моды
- Получение полей в ближней и дальней зонах
- Настройка и анализ канала DDR4
- SIwave PSI. Полноволновое решение для анализа целостности питания печатных плат.

# Динамика жидкостей и газов, теплообмен

# Базовый курс. Вычислительная газо- и гидродинамика в ANSYS CFX

Продолжительность – 3 дня

Курс направлен на овладение базовыми навыками работы в ANSYS CFX. Курс сочетает лекционный материал и решение задач. Рассматривается устройство препроцессора, менеджера решателя, постпроцессора; импорт сеточной модели; определение расчетной области и физической модели; граничные и начальные условия; сеточные интерфейсы; языки CEL и CCL; нестационарные процессы; пористые среды; добавочные переменные; источники, файл выходных данных.

Краткое содержание курса:

- Введение в методологию CFD. Введение в ANSYS Workbench.
- Создание расчетной области (домена), граничных условий и источниковых слагаемых
- Анализ, полученных данных, с помощью ANSYS CFD-Post
- Настройки решателя и анализ файла выходных данных
- Сеточные интерфейсы и движущиеся зоны
- Моделирование теплообмена
- Моделирование турбулентных течений
- Моделирование нестационарных процессов
- Практические рекомендации по моделированию CFD
- Язык выражений CFX (CEL) и язык команд CFX (CCL)
- Приложение. Использование макросов, написанных с применением языка программирования Perl, для автоматизации проектов CFX.

Примеры:

- Течение с теплообменом в смешивающемся T – образном канале
- Многокомпонентное течение и пост-обработка
- Околосзвуковое обтекание аэродинамического профиля NACA0012
- Ступень осевого вентилятора
- Расчет охлаждения процессора за счет естественной конвекции и излучения
- Моделирование вихревой дорожки Кармана.

# Базовый курс. Вычислительная газо- и гидродинамика в ANSYS FLUENT

Продолжительность – 3 дня

Курс предназначен как для пользователей, не имеющих опыта использования ANSYS FLUENT, так и для пользователей, имеющих некоторый опыт и желающих систематизировать свои знания.

Основная цель курса – научить основам работы в программной среде ANSYS FLUENT, сформировать у пользователя опыт решения задач по вычислительной гидродинамике и систематизировать базовые знания в области численного моделирования течения жидкости и газа.

Краткое содержание курса:

- Введение в методологию CFD. Обзор графического интерфейса ANSYS Fluent и основные этапы создания проекта
- Сеточные зоны и граничные условия
- Анализ результатов расчета
- Настройки решателя
- Моделирование турбулентных течений
- Моделирование теплообмена
- Практические рекомендации по моделированию CFD
- Моделирование нестационарных течений
- Приложение. Сложные физические модели: движущиеся зоны и модель динамических сеток
- Приложение. Сложные физические модели: многофазные течения.

Примеры:

- Моделирования течения в коллекторе
- Смешивающее колено
- Смешивающий тройник. Влияние настроек решателя на результаты расчёта на примере смешивающего тройника
- Обработка результатов расчёта на примере трубного пучка
- Турбулентное обтекание обратного уступа
- Охлаждение электронной платы при наличии естественной конвекции и излучения
- Вихревая дорожка Кармана.

# Базовый курс. Моделирование процессов теплообмена в электронных устройствах в ANSYS Icerak

Продолжительность – 3 дня

Курс ориентирован на инженеров - проектировщиков электронных систем. Рассматриваются все этапы проведения трехмерного численного анализа распределения потоков воздуха в устройстве, с учетом процессов теплообмена теплопроводностью, конвекцией, излучением.

Краткое содержание курса:

- Введение
- Устройство интерфейса и основные этапы создания модели
- Объекты ANSYS Icerak - зоны воздуха и твердого материала
- Построение совпадающих сеток
- Настройки решателя
- Обработка результатов в ANSYS Icerak и ANSYS CFD-Post
- Объекты ANSYS Icerak - зоны заполнения компаундом, радиаторы, чипы
- Построение не совпадающих сеток
- Физические аспекты процессов теплообмена и моделирование нестационарных течений
- Параметризация модели
- Введение в ANSYS Workbench и ANSYS DM
- Передача MCAD-модели в ANSYS Icerak с использованием ANSYS DesignModeler
- Построение сетки (введение, глобальные настройки, неструктурированная гексаэдрическая сетка, сетка с преобладанием гексаэдров)
- Практические рекомендации
- Параметризация и оптимизация с использованием ANSYS DesignXplorer.

Примеры:

- Построение геометрической модели с использованием объектов ANSYS Icerak
- Создание совпадающей сетки
- Настройка решателя, запуск расчета и анализ результатов
- Построение геометрической модели совместно с импортом ECAD-геометрии и использованием объектов ANSYS Icerak
- Создание несовпадающей сетки для модели с ECAD-геометрией
- Расчет задачи в нестационарной постановке
- Параметризация модели
- Перевод MCAD геометрии в формат для ANSYS Icerak с использованием ANSYS Design Modeler
- Построение многоуровневой сеточной модели
- Оптимизация с применением ANSYS DesignXplorer.

# Базовый курс. Основы моделирования в ANSYS FENSAP-ICE

Продолжительность – 4 дня

Курс посвящен изучению основ моделирования осаждения капель и намерзания льда в условиях полета в специализированном пакете FENSAP ICE. Рассматривается структура программы по модулям: FENSAP — расчет аэродинамики, DROP3D — расчет осаждения капель, ICE3D — расчет намерзания льда, C3D/CHT3D — модуль расчета сопряженного теплообмена.

Рассматривается использование CFD пакетов ANSYS Fluent и ANSYS CFX для расчета аэродинамики, как альтернатива FENSAP.

Курс содержит теоретические основы используемых в программах моделей и практическое руководство по использованию ПО.

Краткое содержание курса:

- Введение в FENSAP-ICE. Система моделирования намерзания льда в условиях полета
- Обледенение воздушных судов в полете
- Основы теории
- Пользовательский интерфейс
- Аэродинамический решатель
- Модуль расчета течения
- Модуль DROP3D. Анализ осаждения капель. Некоторые хитрости при моделировании горения
- Модуль DROP3D. Переохлажденные крупные капли (SLD)
- Модуль DROP3D. Снег и кристаллы льда
- DROP3D. Пользовательский интерфейс
- ICE3D. Модуль расчета намерзания льда
- ICE3D. Интерфейс модуля расчета намерзания льда
- CHT3D. Моделирование сопряженного теплообмена (Теория)
- C3D. Модуль расчета нестационарного теплообмена
- CHT3D. Модуль расчета сопряженного теплообмена
- Использование ANSYS Fluent для расчета аэродинамики
- Руководство по использованию FENSAP-ICE.

Примеры:

- Знакомство с интерфейсом FENSAP-ICE.
- Расчет аэродинамики профиля NACA 0012 для гладкой и шероховатой поверхностей
- Расчет прилипания капель при обтекании профиля NACA 0012
- Намерзание льда на профиль NACA 0012
- Моделирование сопряженного теплообмена ПОС мотогондолы
- Использование ANSYS Fluent для расчета аэродинамики и передача результатов в FENSAP-ICE.

# Специализированный курс. Многофазные течения в ANSYS CFX

Продолжительность – 2 дня

В курсе рассматриваются методики расчетов многофазных течений (газ + жидкость, твердые частицы + жидкость или газ), модели, учитывающие перенос тепла и массы между фазами, необходимые для решения задач кавитации, испарения, кипения и конденсации, а также химических реакций на границе раздела фаз.

Курс предполагает знания на уровне базового курса по ANSYS CFX.

Краткое содержание курса:

- Введение в многофазные течения
- Подходы моделирования многофазных течений
- Межфазный перенос импульса и тепла
- Моделирование течений со свободной поверхностью
- Многофазная среда в постановке Лагранжа
- Многофазная среда в расширенной лагранжевой постановке
- Межфазный массоперенос
- Обзор моделей MUSIG и DQMOM
- Гранулярные модели ANSYS CFX
- Фазовый переход в многофазных многокомпонентных течениях
- Практические рекомендации при моделировании многофазных течений в ANSYS CFX.

Примеры:

- Течение в барботажной колонне
- Течение в барботажной колонне с учетом дополнительных эффектов
- Течение со свободной поверхностью с учетом поверхностного натяжения
- Применение алгебраической модели скольжения
- Испарение капель и лагранжева модель частиц
- Прямоугольная барботажная колонна с учетом прочих сил (Non-Drag Forces) и MUSIG
- Модель кипения на стенке
- Кавитация вокруг гидрокрыла
- Моделирования внезапной разгерметизации секции трубы
- Межфазный массоперенос для многокомпонентных жидкостей.

# Специализированный курс. Многофазные течения в ANSYS FLUENT

Продолжительность – 2 дня

Курс посвящен вопросам моделирования многофазных течений средствами ANSYS FLUENT. Круг рассматриваемых тем включает задачи в лагранжевой и эйлеровой постановке, задачи со свободной поверхностью, дисперсной фазой (движение пузырьков, капель и твердых частиц), гранулярные течения, а также задачи межфазного тепло- и массообмена.

Краткое содержание курса:

- Общие вопросы моделирования многофазных течений
- Метод объема жидкости (VOF)
- Модель дискретной фазы (DPM) и метод дискретных элементов (DEM)
- Эйлерова многофазная модель и газожидкостные течения
- Эйлерова многофазная модель и гранулярные течения
- Модель смеси.

Примеры:

- Наполнение и опорожнение бака (VOF)
- Модель дискретной фазы (DPM)
- Моделирование пузырьковой колонны (Многофазная модель Эйлера)
- Моделирование равномерного псевдооживления в кипящем слое (Гранулярная модель Эйлера)
- Всплытие пузыря в суспензии (VOF модель Эйлера).

# Специализированный курс. Моделирование акустики в ANSYS FLUENT

Продолжительность – 1 день

Курс направлен на общее понимание моделирования аэроакустики, рассматривает основные CFD подходы для решения задач в этой области и особенности их применения.

Курс содержит материалы с практическими рекомендациями относительно используемых сеточных моделей, моделей турбулентности и настроек решателя при проведении аэроакустических расчётов. Особое внимание уделено обработке результатов моделирования.

Краткое содержание курса:

- Введение
- Вычислительная аэроакустика (CAA)
- Моделирование акустической аналогии
- Моделирование шума винта (модель Гутина)
- Моделирование широкополосного шума
- Постпроцессорная обработка акустических результатов.

Примеры:

- Моделирование шума в ближнем поле при помощи прямого моделирования аэроакустики
- Моделирование шума в дальнем поле при помощи метода акустической аналогии
- Шум винта Гутина
- Широкополосный шум.

# Специализированный курс. Градиентная оптимизация Adjoint Solver в ANSYS Fluent

## Продолжительность – 2 дня

В курсе рассматривается методология использования градиентного оптимизатора Adjoint Solver, встроенного в ANSYS Fluent, с целью улучшения целевого параметра.

В лекционных материалах представлена подробная информация об инструментах, используемых при проведении оптимизационного расчёта, обработки результатов и способов деформации сеточной модели. В практической части курса наглядно продемонстрирован процесс создания и выполнения расчёта, рассматривается влияние заданных настроек на конечный результат.

Курс предполагает наличие знаний на уровне базового курса ANSYS Fluent

## Краткое содержание курса:

- Вводная лекция. Основные определения и обзор рабочего процесса Adjoint Solver
- Целевые параметры
- Настройки решателя: методы дискретизации и стабилизации решения
- Обработка результатов Adjoint решения
- Инструменты оптимизации: обзор методов деформации сетки, настроек сглаживания и перемещения узлов сетки
- Дополнительные ограничения при деформации сетки
- Автоматический оптимизатор Gradient-Based Optimizer
- Создание CAD модели на базе оптимизированной сетки.

## Примеры:

- Оптимизация U-образного колена
- Оптимизация профиля NACA 0012
- Влияние настроек решателя на сходимость расчёта (на примере тела Ахмеда)
- Обработка результатов (на примере коллектора)
- Влияние различных настроек инструментов оптимизации на результат деформации
- сетки (на примере S-образного колена)
- Использование автоматического оптимизатора для нескольких целевых параметров и расчётных точек.

# Специализированный курс. Моделирование процессов горения в ANSYS FLUENT

## Продолжительность – 2 дня

В курсе рассматриваются модели горения предварительно перемешанных, частично перемешанных и не перемешанных компонентов.

В курсе дополнительно рассмотрены вопросы моделирования химической кинетики, взаимодействия турбулентных пульсаций с химическими реакциями, моделирования распыления жидкого топлива, горения частиц твердого топлива и поверхностных химических реакций.

Курс предполагает наличие у обучаемых знаний на уровне базового курса по ANSYS FLUENT.

## Краткое содержание курса:

- Введение в моделирование течений с химическими превращениями
- Модели переноса химических компонентов
- Горение предварительно не перемешанных компонентов
- Горение предварительно перемешанных и частично перемешанных компонентов
- Дискретная фаза
- Поверхностные реакции и образование загрязняющих веществ
- Полезные функции и приемы при моделировании горения
- Теплообмен излучением.

## Примеры:

- Перенос компонентов и горения газообразного топлива
- Применение модели горения предварительно не перемешанных компонентов
- Двумерный расчет камеры сгорания
- BERL 300 кВт с применением моделей Магнуссена и Laminar Flamelet
- Горение предварительно перемешанных компонентов в конической камере с применением модели конечной скорости реакций
- Моделирование пламени Sandia Flame D с помощью модели переноса плотности вероятности
- Моделирование реакций в жидкой фазе в закрытом реакторе со сталкивающимися струями с помощью нестационарной модели Laminar Flamelet
- Сложные реакции при горении твердых частиц
- Моделирование гетерогенных реакций в гранульном течении в эйлеровой постановке.
- Испарение капель жидкости в круглом канале
- Образование NOx при горении с селективной некаталитической нейтрализацией
- Моделирование горения в камере сгорания жидкостного ракетного двигателя при использовании модели реального газа
- Моделирование горения частично перемешанных компонентов при помощи модели LES и метода Thickened Flame.

# Специализированный курс. Моделирование роторных машин в ANSYS CFX

Продолжительность – 1 день

Курс посвящен вопросам расчета проточной части роторных машин средствами Ansys CFX.

В программу курса входит рассмотрение таких вопросов, как применение движущихся систем координат, интерфейсов между стационарными и вращающимися доменами, моделирование нестационарных задач, а также вопросов, связанных с обработкой результатов расчета применительно к данному классу задач.

Краткое содержание курса:

- Вводная лекция
- Теоретические основы. Составление уравнений в движущихся системах координат
- Единственная вращающаяся система координат
- Модель «замороженного» ротора
- Модель плоскости смещения
- Модель скользящей сетки
- Постобработка результатов расчета проточной части.

Примеры:

- Моделирование течения между вращающимися дисками с применением единственной вращающейся системы координат
- Моделирование нагнетателя с применением модели «замороженного» ротора
- Моделирование проточной части осевой машины при помощи плоскости смещения
- Моделирование проточной части осевой машины при помощи скользящей сетки
- Работа с результатами расчета проточной части турбомшины
- Моделирование центробежного насоса с применением единственной вращающейся системы координат
- Моделирование ветровой турбины при помощи моделей «замороженного» ротора и скользящей сетки
- Применение неотражающих граничных условий при трансзвуковом обтекании лопатки.

# Специализированный курс. Моделирование теплообмена в ANSYS FLUENT

Продолжительность – 2 дня

Курс посвящен вопросам моделирования теплообмена средствами ANSYS FLUENT. В лекционных материалах содержится значительное количество теоретической информации, а также подробно рассмотрены особенности моделирования каждого из механизмов теплообмена – теплопроводности, конвекции и излучения.

При этом особое внимание уделяется применению моделей турбулентности для расчета теплообмена в пограничных слоях. Кроме того, в курсе рассматривается методика расчета рекуперативных теплообменных аппаратов методом спаренных ячеек (Dual-Cell).

Краткое содержание курса:

- Введение в теорию теплообмена
- Теплопроводность
- Сопряженный теплообмен
- Вынужденная конвекция
- Естественная конвекция
- Теплообмен излучением
- Инсоляция
- Моделирование теплообменных аппаратов
- Теплообмен в пористых структурах.

Примеры:

- Вводный пример. Течение с сопряженным теплообменом через нагревательную спираль
- Моделирование излучения и естественной конвекции
- Моделирование теплообмена в автомобильной фаре с применением модели дискретных ординат и Монте-Карло
- Турбулентное течение с теплообменом в компактном теплообменнике
- Моделирование теплообмена между потоком и металлической пеной.

# Специализированный курс. Моделирование турбулентных течений в ANSYS CFX или Fluent

Продолжительность – 1 день

Курс посвящен рассмотрению реализованного в ANSYS CFX или Fluent набора моделей турбулентности: модели вихревой вязкости, модели напряжений Рейнольдса, методики применения пристеночных функций, переходной модели и масштабируемых моделей.

В практической части курса пользователи решают несколько модельных задач.

Курс предполагает знания на уровне базового курса по ANSYS CFX или Fluent.

Краткое содержание курса:

- Обзор инженерных моделей турбулентности
- Модели турбулентности RANS в ANSYS CFD
- Модели вихревой вязкости (Zero Equation, k- $\epsilon$ , k-w, BSL, SST)
- Модели напряжений Рейнольдса (LRR, SSG)
- Масштабируемые пристеночные функции
- Автоматический метод переключения пристеночной функции
- Дополнительные модели турбулентности
- Модель крупных вихрей (LES)
- Модель неприсоединенного вихря (DES)
- Переходная модель (модель ламинарно-турбулентного перехода)
- Модель адаптируемого масштаба (SAS).

Примеры:

- Течение вдоль плоской пластины с нулевым градиентом давления
- Отрывное течение в диффузоре
- Набегающая струя
- Переходное течение вокруг аэродинамического профиля.

# Специализированный курс. Моделирование химических реакций в ANSYS CHEMKIN

Продолжительность – 2 дня

Курс посвящен вопросам моделирования детальных химических механизмов, их составлению и редуцированию. Вопросам поверхностных гетерогенных химических реакций и реакций ионного обмена. Математическое описание плазмы.

Краткое содержание курса:

- Введение
- Интерфейс программы и общие положения
- Проблемы зажигания топливных смесей
- Сети реакторов частичного перемешивания
- Теоретические основы поверхностных реакций
- Практическое применение программы в решении задач с поверхностной химией
- Реакции ионного обмена
- Плазма
- Оптимизация химических механизмов в Reaction Workbench.

Примеры:

- Расчет времени достижения равновесия для реакций образования оксида азота
- Расчет времени задержки воспламенения
- Расчет скорости распространения ламинарного пламени
- Расчет диффузионного факела
- Сеть реакторов для описания горения в турбине
- Каталитическое окисление  $\text{CH}_4$  на платиновом катализаторе
- Моделирование системы доочистки с использованием сети реакторов
- Моделирование осаждения оксида алюминия
- Оптимизационный расчет плазменного реактора
- Редуцирование детального химического механизма в Reaction Workbench.

# Специализированный курс. Применение динамических сеток в ANSYS FLUENT

Продолжительность – 2 дня

В курсе представлены возможности динамических сеток, реализованные в программном комплексе ANSYS Fluent. Внимание уделяется таким технологиям, как перестроение, сглаживание, послойная генерация сетки. В курсе рассматривается применение пользовательских функций (UDF) для описания движения сетки, сопряженное моделирование с подключением 6DOF решателя и другие дополнительные возможности.

Краткое содержание курса:

- Обзор методов динамической сетки
- Типы динамических зон
- Послойное перестроение сетки
- Пружинная деформация сетки
- Локальное перестроение сетки
- Сопряженное моделирование с подключением 6DOF (решатель с шестью степенями свободы)
- Совместное использование пользовательских функции (UDFs) для динамической сетки
- Дополнительные возможности.

Примеры:

- Послойное перестроение сетки на геометрических фигурах простейшей формы в 2D и 3D постановке
- Двумерное моделирование колебаний металлической пластины и камеры сгорания ДВС с использованием UDF и модели пружинной деформации
- Моделирование шестеренчатого насоса с использованием динамической сетки с сеточным перестроением в 2,5 постановке и использованием метода CutCell
- Моделирование героторного насоса
- Моделирование лопастного насоса.

# Специализированный курс. Применение моделей пристеночных плёнок EWF и LWF в ANSYS FLUENT

Продолжительность – 1 день

Курс дает возможность изучить возможности модели плёнок Eulerian Wall Film (EWF) и Lagrangian Wall Film (LWF) для решения задач образования, течения и отрыва плёнки жидкости на стенке. Подходы EWF и LWF позволяют значительно снизить количество ячеек у стенки, требуемых для реального разрешения плёнки методом Volume of Fluid (VOF). Знание EWF и LWF будет полезно при решении задач пристеночной конденсации (испарения) в камерах газовых турбин, теплообменных аппаратах, на остеклении, при решении задач сепарации газожидкостных потоков, кольцевого течения жидкости в трубах, а также покраски поверхностей.

Для освоения курса необходимо предварительно пройти курс «Специализированный курс Многофазные течения в ANSYS FLUENT».

Краткое содержание курса:

- Улавливание жидких капель
- Перенос плёнки жидкости
- Образование капель на плёнке
- Теплообмен плёнки с газом и стенкой
- Испарение и конденсация в пристеночной зоне
- Переходы между моделями EWF, VOF и DPM
- Применение модели лагранжевых плёнок (LWF).

Примеры:

- Образование и отрыв водяной пленки при омывании обратного уступа
- Образование и отрыв водяной пленки при омывании крыла
- Испарение плёнки топлива с противня
- Конденсация влажного воздуха в теплообменном аппарате
- Конденсация газообразной фазы на стенке термосифона с помощью пользовательских функций
- Предотвращение запотевания стёкол кабины
- Моделирование туманоуловителя с помощью переходов между моделями EWF, VOF и DPM
- Моделирование окраски изделия распылением с помощью модели LWF.

# Специализированный курс. Применение функций пользователя (UDF) в ANSYS FLUENT

Продолжительность – 2 дня

В курсе рассматривается применение различных дополнительных функций, создаваемых пользователем на языке C для расширения функционала ANSYS FLUENT.

Такие функции могут применяться для самых различных целей – от создания нестандартных источников и граничных условий до реализации собственных физических моделей.

В минимально необходимом для полноценной работы объеме в курсе рассматриваются основы программирования на языке C. Также отдельное внимание уделяется внутренним типам данных Fluent, а также особенностям взаимодействия пользовательских функций и основной программы.

Краткое содержание курса:

- Введение. Основы программирования, синтаксис и типы данных
- Компиляция и интерпретация пользовательских функций
- Применение макросов DEFINE
- Применение пользовательских переменных
- Пользовательские функции для параллельных вычислений
- Применение параметров Workbench совместно с пользовательскими функциями
- Пользовательские функции для многофазных течений
- Пользовательские функции для модели дисперсной фазы.

Примеры:

- Задание профиля температуры в качестве граничного условия
- Задание дополнительного источника энергии в сеточной зоне
- Пользовательские ячейки памяти. Запись и обработка произвольных величин
- Запись в текстовый файл
- Применение UDF при параллельных вычислениях
- Течение в канале с пористой преградой
- Течение в канале с синусоидальным распределением температуры вдоль стенки
- Применение нестандартной зависимости вязкости жидкости от температуры
- Моделирование переноса определенной пользователем скалярной переменной
- Пользовательские функции для изменения констант в эмпирическом законе сопротивления частиц
- Моделирование выпадения осадка в осветлителе с применением пользовательских функций
- Управление динамической сеткой при помощи пользовательских функций.

# Геометрия и сетки конечных элементов

# Базовый курс. Создание сетки в ANSYS Meshing

Продолжительность – 1 день

Курс направлен на освоение основных сеточных инструментов программной системы ANSYS Meshing. Рассматриваются различные методы построения сеток. Курс содержит лекционные материалы и пошаговые примеры.

Краткое содержание курса:

- Введение в ANSYS Meshing
- Методы построения сетки
- Глобальные настройки сетки
- Локальные настройки сетки
- Проверка качества сетки.

Примеры:

- Основы Ansys Meshing
- Методы Ansys Meshing
- Глобальные настройки сетки
- Локальные настройки сетки
- Коническая камера сгорания
- Сосуд под давлением
- Явная динамика: Снаряд.

# Базовый курс. Построение сеточных моделей в ANSYS TurboGrid

Продолжительность – 1-2 дня

Курс направлен на развитие навыков по созданию сеточной модели проточной части крыльчаток турбомашин (турбины, вентиляторы, лопастные насосы и компрессоры) в среде программного модуля ANSYS TurboGrid.

Краткое содержание курса:

- Введение в ANSYS TurboGrid
- Основные понятия
- Интерфейс пользователя, последовательность действий в программе
- Геометрия расчетной области
- Топология расчетной области
- Создание сетки
- Метод автоматического построения топологии и сетки (ATM)
- Анализ сетки и ее оптимизация.

Примеры:

- Ротор осевой турбины
- Ступень осевого компрессора
- Дополнительная лопатка (сплиттер)
- Осевой вентилятор
- Поврежденная лопатка
- Крыльчатка радиально-осевого насоса.

# Базовый курс. Создание сетки в ANSYS ICEM CFD

Продолжительность – 2 дня

Курс направлен на освоение основных сеточных инструментов программной системы ANSYS ICEM CFD. Рассматриваются вопросы импортирования и редактирования геометрической модели, экспортирования сеточной модели в различные типы решателей, вопросы построения и редактирования структурированной гексагональной сетки.

Курс предназначен для широкого круга пользователей, работающих с сеточными моделями для задач гидродинамики, прочности, теплообмена, электромагнетизма.

Краткое содержание курса:

- Введение в ANSYS ICEM CFD
- Обзор возможностей, порядок работы, набор инструментов
- Стратегии работы с топологией и построение блочной структуры.

Примеры:

- Двухмерное соединение труб
- Трехмерный отвод со сквозным отверстием
- Трехмерное соединение труб разного диаметра
- Проверка качества сетки, улучшение качества сетки с использованием методов работы с топологией
- Применение блочной структуры к телу сложной формы на примере коленчатого вала.
- Соединение структурированной и неструктурированной сетки
- Работа с инструментами редактирования блочной структуры на примере построения структурированной сетки для проушины
- Канал с лопастью
- Полусфера с кубическим вырезом
- Плоская сетка корпуса автомобиля.

# Базовый курс. ANSYS BladeModeler

Продолжительность – 2 дня

Курс направлен на развитие навыков создания геометрической модели рабочего колеса турбомшины (турбины, вентиляторы, лопастные насосы и компрессоры) в среде программного модуля ANSYS BladeModeler.

Краткое содержание курса:

- Введение
- Интерфейс ANSYS BladeModeler
- Обзор программных продуктов, входящих в турбосистему ANSYS
- Модуль BladeGen
- Опция BladeEditor
- BladeEditor: Импорт BGD (BladeGenData)
- BladeEditor: Создание модели.

Примеры:

- Ротор осевой турбины
- Рабочее колесо компрессора с низким коэффициентом давления
- Лопатка осевого вентилятора
- Мастер импорта данных
- Передача данных из CAD в BladeEditor, а затем в ANSYS TurboGrid
- Создание и расчет модели вентилятора
- Лопатка осевого вентилятора
- Ротор радиальной турбины с использованием ANSYS BladeModeler
- Создание геометрии и сетки для лопаточного колеса центробежного компрессора.

# Базовый курс. ANSYS DesignModeler

Продолжительность – 2 дня

Курс предназначен для освоения принципов создания, упрощения и исправления трехмерной и двумерной геометрии в приложении ANSYS DesignModeler. Это приложение построено на ядре Parasolid с использованием истории моделирования и полностью интегрировано в оболочку Workbench.

Работа в приложении может осуществляться как при помощи плоских эскизов и последующих операций для создания геометрии, так и с помощью геометрических примитивов. Помимо этого, приложение поддерживает топологическую параметризацию и создание сечений для балочных элементов, которые в дальнейшем использует Mechanical.

Краткое содержание курса:

- Введение
- Графический пользовательский интерфейс
- Плоскости и режим эскиза
- Создание трехмерной и двумерной геометрии
- Упрощение и исправление геометрии
- Моделирование стержней и оболочек
- Работа с импортированной геометрией из CAD-систем
- Параметрическое моделирование.

Примеры:

- Основы ANSYS DesignModeler
- Работа с эскизами и создание геометрии шасси
- Работа с примитивами и создание трехмерной геометрии глушителя
- Упрощение и исправление геометрии насоса
- Использование стержней и оболочек для создания геометрии каркаса
- Параметризация топологии модели.

# Базовый курс. ANSYS SpaceClaim

Продолжительность – 1 день

ANSYS SpaceClaim предназначен для пользователей, не являющихся профессионалами по работе с традиционными CAD-системами. Данный модуль позволяет создавать и редактировать трехмерные геометрические модели и полностью параметризовать импортированные извне модели.

В основе приложения лежит прямой подход к проектированию, т.е. не используется история моделирования, что упрощает работу с параметризованными большими сборками и позволяет быстро создавать желаемые геометрические объекты. Помимо этого, приложение поддерживает создание сечений для балочных элементов, которые в дальнейшем использует Mechanical, в том числе и высечение их из твердотельной геометрии.

Краткое содержание курса:

- Введение и графический пользовательский интерфейс
- Работа с трехмерной геометрией
- Продвинутое приемы работы с геометрией
- Упрощение и исправление геометрии
- Высечение срединных поверхностей для оболочек и создание стержней
- Задание свойств материалов и использование параметров.

Примеры:

- Использование эскизов и инструмента Pull
- Разбиение импортированной геометрии на отдельные компоненты
- Доработка геометрии, создание скруглений и фасок
- Использование операций для создания твердотельной геометрии из плоской
- Сборка отдельных деталей в конструкцию
- Создание динамических копий объектов
- Упрощение геометрии, удаление скруглений
- Исправление импортированной геометрии
- Использование стержней и оболочек
- Передача из SpaceClaim в Workbench.

# Базовый курс. Создание сетки в ANSYS FLUENT Meshing. Пользовательский шаблон Watertight Geometry

Продолжительность – 1 день

Курс посвящен изучению основ построения сетки в пользовательском шаблоне FLUENT Meshing Watertight Geometry. Основная область применения данного шаблона – это построение сетки для хорошо подготовленной, «чистой» геометрии расчетной области.

Использование шаблона позволяет ускорить построение сетки за счет понятной логичности и инструментов распараллеливания, даже для новоиспеченных пользователей.

Курс содержит лекционные и практические занятия.

Краткое содержание курса:

- Введение в Fluent Meshing
- Watertight Geometry Workflow. Обзор шаблона
- Watertight Geometry Workflow. Импорт геометрии и создание поверхностной сетки
- Watertight Geometry Workflow. Описание геометрии
- Watertight Geometry Workflow. Построение объемной сетки.

Примеры:

- Знакомство с интерфейсом Fluent Meshing. Watertight Geometry Workflow
- Построение сетки стационарного смесителя
- Построение сетки бака для перемешивания
- Работа с общей топологией
- Задание вращательной периодичности
- Построение сетки для аэродинамического расчета самолета.

# Специализированный курс. Создание сетки в ANSYS FLUENT Meshing. Пользовательский шаблон Fault Tolerant

Продолжительность – 1 день

Курс посвящен изучению основ построения сетки в пользовательском шаблоне FLUENT Meshing Fault Tolerant.

Основная область применения данного шаблона - это построение сетки для неподготовленной, “грязной” геометрии расчетной области. Использование шаблона позволяет простым образом применять продвинутые инструменты обертки (wrapping).

Курс содержит лекционные и практические занятия.

Краткое содержание курса:

- Введение в Fluent Meshing
- Fault Tolerant Workflow. Обзор шаблона
- Fault Tolerant Workflow. Инструмент обертки (Wrapping)
- Fault Tolerant Workflow. Закупорка отверстий.

Примеры:

- Знакомство с интерфейсом Fluent Meshing. Fault Tolerant Workflow
- Построение сетки коллектора
- Построение сетки вокруг аэродинамического профиля
- Практика управления размерными функциями
- Практика закупорки отверстий в модели
- Практика использования вспомогательных поверхностей.

# Междисциплинарные расчеты и оптимизация

# Базовый курс. Введение в ANSYS DesignXplorer

Продолжительность – 1 день

Курс предназначен для ознакомления пользователей с методикой решения задач оптимизации и проведения других параметрических исследований средствами ANSYS DesignXplorer в среде Workbench. В курсе рассматриваются все реализованные в DX методы планирования эксперимента, определения корреляции параметров, построения поверхности отклика, проведения оптимизации и анализа чувствительности модели к отклонениям входных параметров. Предполагается наличие у слушателей навыков использования прочностных или гидрогазодинамических пакетов ANSYS.

Краткое содержание курса:

- Вводная лекция
- Корреляция параметров
- Планирование эксперимента
- Поверхности отклика
- Методы оптимизации
- Анализ «шесть сигм».

Стандартные примеры:

- Вводный пример
- Корреляция параметров
- Оптимизация граничных условий для смесительного устройства
- Анализ «шесть сигм».

Дополнительные примеры на выбор:

- Анализ «что если ...?»
- Корреляция параметров
- План эксперимента
- Оптимизация на основе поверхности отклика (опорная скоба)
- Прямая оптимизация – пример №1
- Оптимизация на основе поверхности отклика (цилиндрическая опора)
- Прямая оптимизация – пример №2
- Оптимизация на основе модели CFX (крыловой профиль)
- Метод разреженной сетки (sparse grid)
- Применение журнала на Python в задаче оптимизации.

# Специализированный курс. ANSYS FLUENT/Mechanical для моделирования взаимодействия текучих сред и конструкции (FSI)

Продолжительность – 2 дня

Практический курс ориентирован на освоение методик моделирования взаимодействия потока текучей среды (жидкости, газа) с конструкцией.

Рассматривается одно- и двухсторонний алгоритм обмена данными между модулями гидродинамики и прочности, а также решение задачи сопряженного теплообмена.

Курс предполагает знания на уровне базовых курсов по ANSYS FLUENT, DesignModeler и ANSYS Meshing. Опыт работы в ANSYS Mechanical или в ANSYS Structural желателен.

Краткое содержание курса:

- Введение в FSI
- Краткое описание сопряжения систем
- Последовательность действий в Workbench для моделирования FSI
- Настройки для модулей Mechanical, FLUENT и сопряжения систем (System Coupling)
- Описание модели динамической сетки
- Процесс решения сопряженных задач и анализ результатов
- Методы обеспечения сходимости в задачах FSI
- Односторонний FSI анализ.

Стандартные примеры:

- Односторонний FSI анализ датчика с передачей поля давления
- Двусторонний FSI анализ сверхупругой пластинки
- Отладка FSI задач
- Двусторонний FSI анализ топливной форсунки
- Анализ термического напряжения в T-образном трубном соединении.

# Специализированный курс. Акустические расчеты в ANSYS Mechanical

Продолжительность – 2 дня

Курс включает в себя теоретические и практические аспекты моделирования акустических процессов с помощью Workbench Mechanical.

Рассматривается создание акустического домена, взаимодействие акустической среды и конструкции, нахождение собственных частот, гармонические и спектральные расчеты а также анализ переходных процессов.

В практической части представлены задачи моделирования глушителей, динамиков и других конструкций.

Краткое содержание курса:

- Введение в акустику
- Модальный анализ
- Гармонический анализ.

Стандартные примеры:

- Модальный анализ воздуха в кабине автомобиля
- Плескание жидкости в баке
- Динамик и пластина
- Рассеивание звука подводной лодкой
- Поглощающий глушитель
- Использование матрицы полной проводимости.

# Специализированный курс. Междисциплинарный анализ электромагнетизм - механика для решения задач взаимодействия магнитного поля и конструкции

Продолжительность – 2 дня

Практический курс ориентирован на освоение методик моделирования процессов взаимодействия магнитного поля с деформируемой конструкцией.

Рассматривается одно- и двухсторонний итеративный алгоритм обмена данными между модулями ANSYS механики и магнетизма.

Курс предполагает знания на уровне базовых курсов по ANSYS Maxwell 2D\3D, ANSYS DesignModeler и ANSYS Meshing. Желателен опыт работы в ANSYS Mechanical.

Для решения магнитной задачи предполагается использование решателей ANSYS Maxwell 2D\3D.

Для решения прочностной задачи предлагается использовать ANSYS Static Structural, ANSYS Transient Structural.

Краткое содержание курса:

- Пользователям предлагается обзор сопряжённых систем для выбора наиболее подходящего модуля ANSYS для решения прочностной задачи
- Решение магнитной задачи в ANSYS Maxwell для определения источников объёмных сил и моментов
- Включение возможности деформации сеточной модели магнитной задачи в процессе итеративного пересчёта
- Последовательность действий в ANSYS Workbench для решения междисциплинарной задачи
- Подготовка сеточной модели в ANSYS Meshing
- Настройки модулей ANSYS Static Structural, ANSYS Transient Structural
- Поэлементная передача объёмного тепловыделения. Процесс решения сопряжённых задач и анализ результатов
- Автоматический итеративный пересчёт магнитной и механической задачи
- Одностороннее сопряжение.

Стандартные примеры:

- Биполярный транзистор IGBT
- Токонесущие элементы конструкции
- Пользовательские задачи.

# Специализированный курс. Междисциплинарный анализ электромагнетизм - теплообмен для решения задач охлаждения электронных, электромеханических аппаратов

Продолжительность – 3 дня

Практический курс ориентирован на освоение методик моделирования процессов теплообмена посредством взаимодействия потока текучей среды (жидкости, газа) с конструкцией.

Рассматривается одно- и двухсторонний итеративный алгоритм обмена данными между модулями ANSYS гидродинамики и магнетизма.

Курс предполагает знания на уровне базовых курсов по ANSYS Maxwell 2D\3D, ANSYS DesignModeler и ANSYS Meshing. Желателен опыт работы в ANSYS Fluent или в ANSYS IcePak.

Для решения магнитной задачи предполагается использование решателей ANSYS Maxwell 2D\3D. Для решения задачи теплообмена предлагается использовать решатели ANSYS Thermal. Для решения задачи сопряжённого теплообмена возможно использовать ANSYS IcePak или ANSYS Fluent.

Краткое содержание курса:

- Пользователям предлагается обзор сопряжённых систем для выбора наиболее подходящего модуля ANSYS для решения тепловой задачи
- Решение магнитной задачи в ANSYS Maxwell для определения источников тепловыделения: омические потери, потери на вихревые токи, потери в стали
- Использование температурнозависимых свойств для корректировки магнитной задачи в процессе итеративного пересчёта
- Последовательность действий в ANSYS Workbench для решения междисциплинарной задачи
- Подготовка сеточной модели в ANSYS Meshing или ANSYS IcePak
- Настройки модулей ANSYS Thermal, ANSYS Fluent, ANSYS IcePak
- Поэлементная передача объёмного тепловыделения. Процесс решения сопряжённых задач и анализ результатов
- Автоматический итеративный пересчёт магнитной и тепловой задачи
- Одностороннее сопряжение.

Стандартные примеры:

- Задача охлаждения электродвигателя, генератора. Вынужденная конвекция
- Задача индукционного нагрева заготовки. Естественная конвекция
- Задача охлаждения токоограничивающего реактора
- Пользовательские задачи.

# О компании

- ТОО «КазахИнжиниринг» — сертифицированный официальный партнёр **ANSYS** в Республике Казахстан.
- Мы внедряем передовые цифровые инженерные технологии, разрабатываем и адаптируем решения под задачи конкретного предприятия, повышая эффективность расчётов, моделирования и принятия технических решений.
- Обеспечиваем обучение специалистов и комплексное сопровождение на всех этапах использования инженерного программного обеспечения.



# Контакты

---

**ТОО «КазакИнжиниринг»**  
Алматы, ул. Гоголя, 73  
+7 (778) 372-01-52  
[reception@kz-engineering.com](mailto:reception@kz-engineering.com)