Эффективное проектирование
BUILDSOFT

МЕТОДИЧЕСКАЯ ПРОГРАММА КУРСА «Расчёт защитных ограждающих конструкций на воздействие БПЛА в ЛИРА-САПР: динамический и нелинейный анализ»

8 800 700 72 53

info@buildsoft.ru

МЕТОДИЧЕСКАЯ ПРОГРАММА КУРСА «Расчёт защитных ограждающих конструкций на воздействие БПЛА в ЛИРА-САПР: динамический и нелинейный анализ»

Эффективное проектирование BUILDSOFT

Продолжительность: 12 академических часов

3 занятия по 4 академических часа

Формат: теоретико-практический

Уровень: продвинутый / специализированный

Основной программный комплекс: ЛИРА-САПР

1. Общая характеристика курса

Курс посвящён методике расчёта защитных ограждающих конструкций, воспринимающих локальные кратковременные динамические воздействия, на примере воздействия беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

Основная задача курса — научить специалиста не только пользоваться отдельными инструментами ЛИРА-САПР, но и самостоятельно выстраивать корректную расчётную постановку.

Методическая схема курса:

Сценарий воздействия → физическая модель → расчётное воздействие → расчётная схема → МКЭ-модель → статический расчёт → модальный анализ → динамика во времени → нелинейность → оценка повреждения → инженерный вывод.

Характеристики воздействия, нормативные значения и критерии повреждения должны определяться исходными данными конкретного проекта и принятой нормативной/методической базой. ЛИРА-САПР рассматривается как инструмент численного решения сформированной инженерной задачи.

2. Цель курса

Формирование у специалистов системного подхода к постановке и решению задач расчёта защитных ограждающих конструкций на локальные экстремальные и динамические воздействия с использованием возможностей ЛИРА-САПР.

- моделирование защитных конструкций;
- задание кратковременных динамических воздействий;
- оценка динамического отклика;
- применение физической, геометрической и конструктивной нелинейности;
- анализ локальных повреждений;
- оценка остаточного состояния конструкции.

3. Задачи курса

1. Сформировать расчётный сценарий воздействия БПЛА.
2. Определить необходимые исходные параметры.
3. Преобразовать физический сценарий в расчётное воздействие.
4. Выбрать рациональную расчётную схему.
5. Сформировать МКЭ-модель в ЛИРА-САПР.
6. Проверить корректность статической модели.
7. Выполнить модальный анализ.
8. Сформировать временную функцию динамического воздействия.
9. Выполнить расчёт в модуле «Динамика во времени».
10. Проанализировать результаты во временной области.
11. Определить необходимость нелинейного анализа.
12. Использовать физическую, геометрическую и конструктивную нелинейность.
13. Проанализировать повреждение и остаточное состояние.
14. Проверить чувствительность результата к параметрам модели.
15. Сформировать инженерное заключение.

4. Целевая аудитория

- инженеры-конструкторы;
- инженеры-расчётчики;
- специалисты по обследованию и усилению строительных конструкций;
- проектировщики защитных сооружений и ограждающих конструкций;

5. Требования к слушателям

Необходимы базовые знания сопротивления материалов, строительной механики, метода конечных элементов и основ расчёта строительных конструкций.

Желательно знание принципов расчёта металлических и/или железобетонных конструкций.

Курс не является базовым курсом по ЛИРА-САПР. Предполагается уверенное владение созданием расчётной схемы, назначением материалов и жёсткостей, заданием нагрузок, формированием сочетаний и анализом результатов.

6. Планируемые результаты обучения

После окончания курса слушатель сможет самостоятельно пройти полный цикл:

исходные данные → расчётная модель → динамическое воздействие → расчёт → анализ → проверка → инженерный вывод.

Слушатель знает

- особенности кратковременного динамического воздействия;
- основные параметры ударного взаимодействия;
- особенности моделирования защитных конструкций;
- принципы формирования временной функции;
- особенности динамического расчёта в ЛИРА-САПР;
- виды нелинейности;
- ограничения МКЭ-модели;
- критерии оценки достоверности результата.

Слушатель умеет

- строить расчётную модель;
- выполнять модальный анализ;
- задавать динамическое воздействие;
- выполнять расчёт во времени;
- анализировать временные диаграммы;
- выполнять нелинейный расчёт;
- определять критические элементы;
- оценивать максимальное и остаточное состояние.

7. Тематический план курса

Занятие	Основная тема	Продолжительность
1	Физическая постановка задачи и расчётная модель	4 акад. ч.
2	Динамический расчёт во времени в ЛИРА-САПР	4 акад. ч.
3	Нелинейная динамика и оценка повреждения	4 акад. ч.
Итого		12 акад. ч.

8. Занятие 1. Физическая постановка задачи и расчётная модель

Продолжительность: 4 академических часа.

1.1. Защитные ограждающие конструкции и сценарии воздействия

- назначение защитных конструкций;
- защитные экраны, сетчатые и рамные системы;
- комбинированные и навесные конструкции;
- защита фасадов и отдельных элементов здания;
- непосредственное воздействие, задержание, локальное повреждение, прохождение объекта через защитный элемент, передача воздействия на несущую систему.

1.2. Механика кратковременного воздействия

- масса, скорость, кинетическая энергия, импульс, время контакта;
- средняя и максимальная сила, площадь воздействия;
- переход от характеристик объекта к функции воздействия.

1.3. Формирование расчётной нагрузки

- эквивалентная статическая сила;
- кратковременная динамическая нагрузка;
- импульсная нагрузка;
- временная функция F(t);
- прямоугольный, треугольный, трапецеидальный и произвольный импульс;
- влияние формы импульса на отклик.

1.4. Формирование МКЭ-модели в ЛИРА-САПР

- стержневые, пластинчатые и оболочечные КЭ;
- комбинированные модели;
- моделирование креплений;
- жёсткие вставки, податливые и односторонние связи;
- локальное сгущение сетки.

1.5. Контроль исходной модели

- проверка геометрии, жёсткостей, масс и связей;
- статический расчёт;
- анализ реакций и перемещений;
- контроль равновесия;
- разбор типичных ошибок.

9. Занятие 2. Динамический расчёт во времени в ЛИРА-САПР

Продолжительность: 4 академических часа.

2.1. Модальный анализ

- собственные частоты и формы;
- периоды и модальные массы;
- сопоставление продолжительности воздействия с собственными периодами.

2.2. Подготовка задачи «Динамика во времени»

- создание динамического загружения;
- временная функция;
- параметры интегрирования;
- шаг по времени и продолжительность процесса;
- демпфирование;
- начальное напряжённо-деформированное состояние.

2.3. Линейный динамический расчёт

- выполнение расчёта примера;
- анализ перемещений, скоростей, ускорений, реакций, усилий и напряжений;
- временные диаграммы.

2.4. Анализ динамического отклика

- максимальные перемещения, усилия и ускорения;
- момент достижения экстремума;
- критические элементы;
- характер колебаний после воздействия.

2.5. Сравнение статической и динамической постановок

- сопоставление результатов статики и динамики;
- условия, при которых динамический расчёт необходим;
- инженерная интерпретация различий.

10. Занятие 3. Нелинейная динамика и оценка повреждения

Продолжительность: 4 академических часа.

3.1. Переход от линейной к нелинейной модели

- пластические деформации;
- разрушение;
- потеря устойчивости;
- большие перемещения;
- изменение жёсткости;
- выключение элементов.

3.2. Виды нелинейности в ЛИРА-САПР

- физическая нелинейность и нелинейная диаграмма материала;
- геометрическая нелинейность и большие перемещения;
- конструктивная нелинейность: односторонние связи, выключение элементов, контакт, изменение расчётной схемы.

3.3. Нелинейная «Динамика во времени»

- статическое состояние;
- формирование начального НДС;
- запуск динамического процесса;
- нелинейная работа;
- максимальное и остаточное состояние;
- шаг интегрирования, критерии сходимости, итерационный процесс, численная устойчивость и демпфирование.

3.4. Оценка повреждения

- максимальные перемещения, усилия, напряжения и деформации;
- остаточные перемещения и деформации;
- потеря элементов;
- изменение жёсткости;
- перераспределение усилий;
- оценка способности конструкции выполнять свою функцию после воздействия.

3.5. Проверка расчётной модели

- контроль геометрии и жёсткости;
- проверка массы;
- проверка сетки;
- проверка шага времени;
- обоснованность нелинейности;
- соответствие поведения конструкции физическому смыслу.

3.6. Итоговый инженерный алгоритм

- сценарий воздействия → исходные характеристики → расчётная функция → расчётная схема → МКЭ-модель → статика → модальный анализ → динамика во времени → нелинейность → повреждение → остаточное состояние → инженерный вывод.

11. Самостоятельная работа

После занятия 1: сформировать расчётную схему, перечень исходных данных, сценарии воздействия, временную функцию и обоснование выбора МКЭ-модели.

После занятия 2: выполнить статический расчёт, модальный анализ и линейный динамический расчёт; определить критические элементы.

После занятия 3: выполнить нелинейный расчёт, определить максимальное и остаточное состояние, оценить повреждение и сформулировать инженерное заключение.

12. Итоговая структура курса

Параметр	Занятие 1	Занятие 2	Занятие 3
Главная тема	Постановка задачи	Динамика во времени	Нелинейность
Физика	✓	✓	✓
МКЭ-модель	✓		
Статика	✓	✓	✓
Модальный анализ		✓	✓
Динамика		✓	✓
Нелинейность			✓
Повреждение			✓
Остаточное состояние			✓
Инженерный вывод	✓	✓	✓

13. Примечание по нормативной базе

Конкретные характеристики БПЛА, расчётные скорости, массы, параметры импульса, длительность воздействия, коэффициенты сочетаний и критерии предельных состояний не должны задаваться в настоящей методической программе как универсальные значения. Они определяются техническим заданием, принятыми нормативными документами, методиками и исходными данными конкретного проекта.

В учебных целях допускается использовать условные или специально заданные преподавателем исходные данные, при этом необходимо явно отделять учебную постановку от нормативного расчёта реального объекта.

14. Краткий паспорт курса

Показатель	Значение
Название	Расчёт защитных ограждающих конструкций на воздействие БПЛА в ЛИРА-САПР: динамический и нелинейный анализ
Объём	12 академических часов
Формат	3 занятия × 4 академических часа
Уровень	Продвинутый / специализированный
ПО	ЛИРА-САПР
Целевая аудитория	Инженеры-конструкторы и расчётчики
Итоговая аттестация	Самостоятельная расчётная работа
Основной результат	Умение выполнить полный цикл постановки и анализа динамической расчётной задачи

Главные преимущества наших курсов

Эффективное проектирование BUILDSOFT

Наши преподаватели — это инженеры с профильным образованием, с практикой выполнения реальных проектных задач. Они помогут Вам освоить новые навыки.

В курсах нет лишней информации – благодаря накопленному опыту на курсах мы предоставляем Вам информацию, которую Вы сразу сможете применить в своих проектах. По окончании Наших курсов Вы выйдете со знаниями, востребованными на рынке труда.

Вас сопровождает команда поддержки - все Ваши вопросы оперативно решаются посредством индивидуальных консультаций с преподавателем.

На курсах много практики с обратной связью – это задания из настоящей проектной деятельности, а не решение каких-то абстрактных задач.

Лицензия на образовательную деятельность № Л035-01245-76/00651269 от 15.05.2023

По окончанию курса, каждый участник получит удостоверение о повышении квалификации.

Если у вас остались вопросы – мы поможем!

Наши специалисты помогут выбрать направление, расскажут о форматах и программах обучения.

КОНТАКТЫ:

БИЛДСОФТ

8 800-700-72-53
+7 (4852) 281-381

info@buildsoft.ru

БУДЬТЕ В КУРСЕ НОВОСТЕЙ «БИЛДСОФТ»

www.buildsoft.ru

Компания "БилдСофт сервис" | ВКонтакте (vk.com)

Contact @buildsoft

BUILDSOFT – YouTube

BuildSoft - Rutube