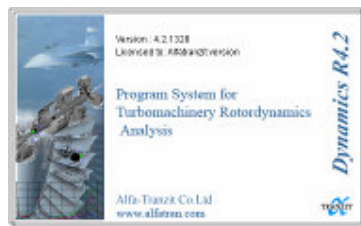




Программный комплекс для расчета динамики роторных систем **DYNAMICS R4**

DYNAMICS R4 – программный комплекс предназначен для использования при проектировании новых машин, для определения возможных причин ухудшения состояния или появления дефектов в процессе их эксплуатации, а также для моделирования их динамических свойств в целях создания алгоритмов вибрационной диагностики

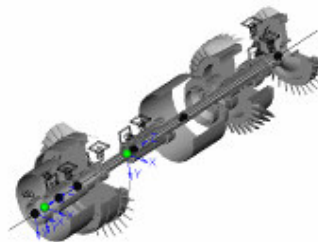


Общие характеристики

- Широкий спектр решаемых задач динамики вращающихся машин
- Анализ линейных и нелинейных роторных систем
- Высокая точность и скорость расчетов
- Адаптивные методы интегрирования в нестационарном анализе
- Модульная открытая архитектура программного комплекса, позволяющая вести ее постоянное совершенствование и развитие
- Возможность самостоятельного создания пользователем моделирующих элементов и включения их в библиотеку программного комплекса
- Развитая информационная система, включающая справочную информацию, предупреждения, сообщения об ошибках
- Примеры, демонстрирующие возможности программы, с результатами расчетов, упражнениями и комментариями для обучения работе с программой
- Возможность использования для глубокого изучения динамики линейных и нелинейных роторных систем
- Дружественный русскоязычный и англоязычный интерфейс

Функциональные свойства

- Моделирование многовальных и многоуровневых роторных систем, в том числе с корпусами и подвеской
- Моделирование динамических систем с различной ориентацией осей роторов (соосных, разнесенных, пересекающихся)
- Возможность одномерного и двухмерного параметрического анализа исследуемой модели (варьируемые параметры - скорость, размеры, положение, жесткость, демпфирование, нагрузка)
- Любые циклограммы режимов работы вращающихся машин



- Различные виды стационарных и нестационарных нагрузок
- Супер-элементный подход для моделирования роторных систем
- Возможность расчета многовальных систем с различными видами шестеренчатых передач



Задачи линейной динамики

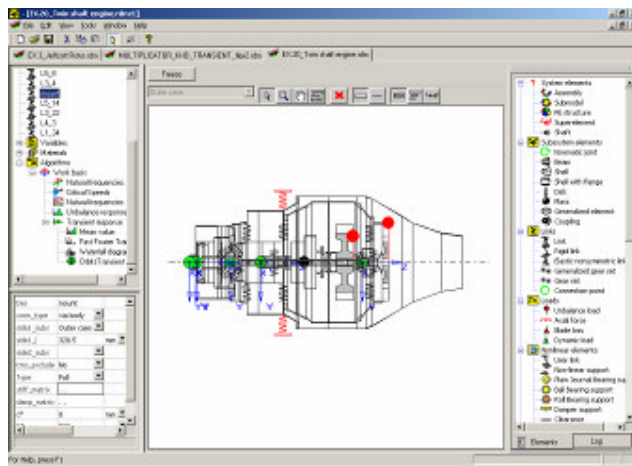
- Расчет частот и форм собственных колебаний невращающихся и недемпфированных систем
- Демпфированные частоты и формы колебаний вращающихся роторных систем
- Карты собственных частот
- Распределение потенциальной и кинетической энергии колебаний по элементам модели для каждой формы
- Расчет критических частот вращения
- Карты критических частот вращения
- Дисбалансное поведение
- Карты устойчивости
- Статические деформации и реакции в опорах

Задачи нестационарной и нелинейной динамики

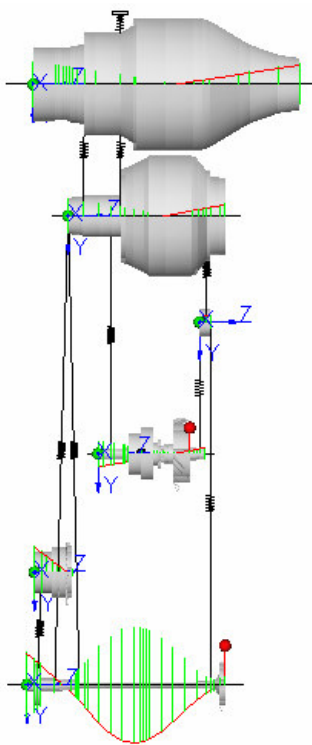
- Расчет роторных систем на переходных режимах
- Расчет динамических систем от действия различных нестационарных нагрузок
- Расчет роторных систем с нелинейными опорами и уплотнениями общего вида
- Расчет систем с зазорами и касаниями
- Расчет роторных систем с различными типами подшипников скольжения
- Определение границ устойчивости
- Расчет с упруго-демпферными опорами
- Расчет с шариковыми и роликовыми подшипниками

Интерфейс пользователя

- Текстовый и графический редакторы для создания сложных многоуровневых динамических моделей.
- Библиотека стандартных элементов для моделирования роторных систем
- База данных материалов
- 2D и 3D визуализация динамических моделей



- Взаимозаменяемые и удаляемые группы элементов для проведения вариантных расчетов
- Вывод результатов в любой точке или сечении динамической модели в виде таблиц, 2D и 3D графиков
- Параметры для вывода – перемещения, скорости, ускорения, деформации, силы, реакции, моменты и т.д.
- Постпроцессор для обработки временных характеристик, полученных в нестационарном анализе
- Анимация динамических процессов
- Возможность настройки пользователем формы и содержания и протоколов для вывода результатов моделирования



Структура моделей в Dynamics R4

Динамическая модель может быть многоуровневой и содержать следующие структурные единицы – Подмодели, Сборки, Подсистемы.

- **Подсистемы** – структурные единицы нижнего уровня. Строятся из элементов, моделирующих динамическую систему
- **Сборки** – могут содержать любые структурные единицы
- **Субмодели** – структурные единицы модели, хранящиеся вне основной динамической модели во внешнем файле

Структурные элементы соединяются между собой связями различных типов

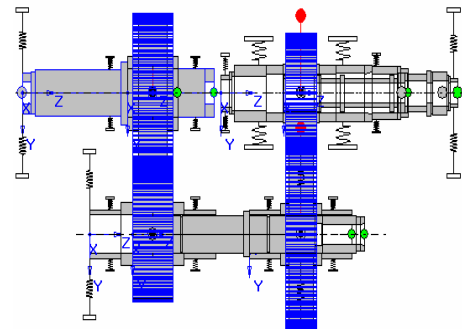
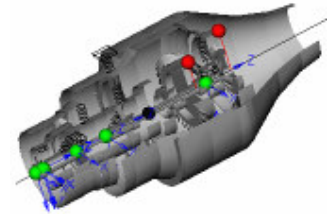
Основные элементы для моделирования

Общее свойство моделирующих элементов то, что все задаваемые пользователем параметры, характеризующие эти элементы, могут быть зависимыми от времени или частоты вращения. Ориентация стержневых элементов соответствует положению подсистемы, в которой они находится. Для всех стержневых элементов могут быть заданы рассеивающие свойства через логарифмический декремент.

- **Балочный элемент.** Элемент имеет круглое сечение, может быть цилиндрическим или коническим, полым. Имеет две узловые точки в левом и правом сечении соответственно. Каждый узел имеет 6 степеней свободы. Элемент позволяет моделировать все виды деформаций. Учитываются

деформации сдвига. Материал может быть выбран из базы данных или определен пользователем.

- **Жесткий диск.** Элемент используется для моделирования жестких дисков, закрепленных на вращающихся валах. Имеет две узловые точки в левом и правом сечении соответственно. Каждый узел имеет 6 степеней свободы. Характеризуется массой и моментами инерции, а также расстоянием между левым и правым граничными сечениями
- **Стержневой элемент общего вида.** Элемент предназначен для моделирования элементов роторной системы, жесткостные свойства которых не могут быть определены балочной теорией. Имеет две узловые точки в левом и правом сечении соответственно. Каждый узел имеет 6 степеней свободы. Исходные данные – центр массы, масса, моменты инерции, симметричная матрица коэффициентов податливости размерностью 6×6 задаваемая пользователем
- **Упругий шарнир.** Элемент предназначен для моделирования упругого шарнира, соединяющего два участка вала или корпуса. Не имеет длины
- **Упругая связь.** Элемент - соединяет узловые точки двух подсистем и задается несимметричной матрицей жесткости и матрицей демпфирования размерностью 6×6 .
- **Жесткая связь.** Элемент моделирует связь между двумя подсистемами, накладывая ограничения на линейные и угловые перемещения. Моделирует два предельных состояния по 6 степеням свободы – абсолютно жесткая связь или связь отсутствует
- **Супер-элемент.** Динамическая модель роторной системы может включать в себя объемные конечно-элементные модели, полученные в одной из известных конечно-элементных систем. Модели редуцируются в этих системах и представляются в виде супер-элементов, которые могут быть импортированы в Dynamics R4, и присоединены к динамической модели
- **Шестеренчатая передача.** Элемент предназначен для моделирования различного вида шестеренчатых передач в составе роторных систем. Среди них - цилиндрические, конические, геликоидные, планетарные передачи. Тип зацепления - внутреннее или наружное



Нагрузки

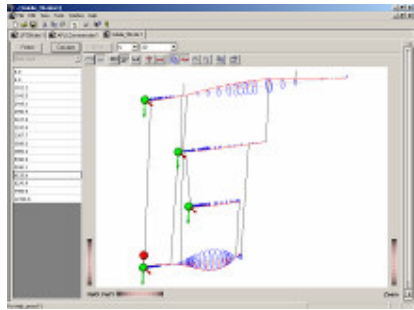
Динамическая модель может быть нагружена различными внешними силами, среди которых:

- Неуровновешенные силы ротора (дисбалансы)
- Статические силы
- Динамическая нагрузка общего вида
- Импульсные нагрузки
- Обрыв лопатки
- Гармоническое возбуждение
- Кинематическое возбуждение

Ядро системы Dynamics R4 (линейная часть)

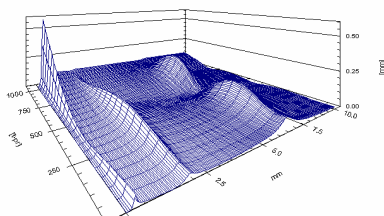
Алгоритмы линейной части программного комплекса позволяют решать практически все задачи линейной динамики роторных систем.

- **Недемпфированные частоты невращающихся систем.** Некоторые алгоритмы расчета собственных частот и динамического поведения базируются на методах модального анализа и синтеза. Эти методы используют предварительно рассчитанные наборы собственных частот и форм колебаний динамической модели. Частоты формы рассчитываются при условии отсутствия вращения и демпфирования в модели. В набор включаются все виды частот и форм колебаний – поперечные, продольные и крутильные. Расчет сопровождается выводом матрицы ортогональности форм собственных колебаний, с помощью которой можно проконтролировать динамическую модель, а также распределением энергий по элементам модели
- **Частоты собственных колебаний.** Алгоритм позволяет рассчитать демпфированные частоты и формы собственных колебаний динамической модели. Частоты и формы могут быть рассчитаны с учетом вращения нескольких валов для любого соотношения их частот вращения, включая обратное вращение
- **Распределение энергий.** Алгоритм позволяет рассчитать кинетическую и потенциальную энергию колебаний для любого элемента динамической модели и их распределение для каждой формы колебаний



Дополнительные алгоритмы для линейного анализа

- **Критические частоты вращения.** Алгоритм дает возможность рассчитать демпфированные критические частоты вращения для любого ротора многовальной динамической модели. В результате расчета входит также распределение кинетической и потенциальной энергии колебаний по всем формам
- **Карта собственных частот.** Алгоритм позволяет рассчитать и вывести частоты собственных колебаний в зависимости от частоты вращения ротора. Дает возможность получить одновременно критические частоты для всех роторов динамической модели. Также пользователь может получить карты устойчивости – зависимости логарифмического декремента или относительного коэффициента демпфирования для каждой частоты в зависимости от частоты вращения
- **Дисбалансное поведение.** Алгоритм позволяет рассчитать динамическое поведение роторной модели от действия распределенной системы дисбалансов роторов. Результатом



является амплитудно-частотные и фазо-частотные характеристики модели. Результаты могут выводиться в виде двухмерных и трехмерных графиков

- **Параметрический анализ.** Исследуется влияние значений параметров модели на частоты собственных колебаний, критические частоты вращения, логарифмические декремента. Диапазон изменения параметров задается пользователем. Существует возможность исследовать систему при изменении одной группы параметров, либо двух групп параметров. Параметрический анализ позволяет провести первичную оптимизацию роторной системы (например, провести частотную настройку роторной модели, варьируя жесткостями опорных узлов)

Ядро Dynamics R4 (нестационарная часть)

Алгоритмы нестационарного анализа позволяют рассчитывать линейные и нелинейные системы путем прямого интегрирования уравнений движения, полученных для динамической модели роторной системы. Используются в случае присутствия в моделях нестационарных нагрузок, нестационарных режимов работы, нелинейных элементов и т.д. Алгоритмы нестационарного анализа используют адаптивные методы интегрирования и могут настраиваться пользователем в зависимости от задачи и необходимой точности расчетов. Расчеты сопровождаются оперативной информацией о прохождении процесса интегрирования

Дополнительные элементы для моделирования нелинейных систем

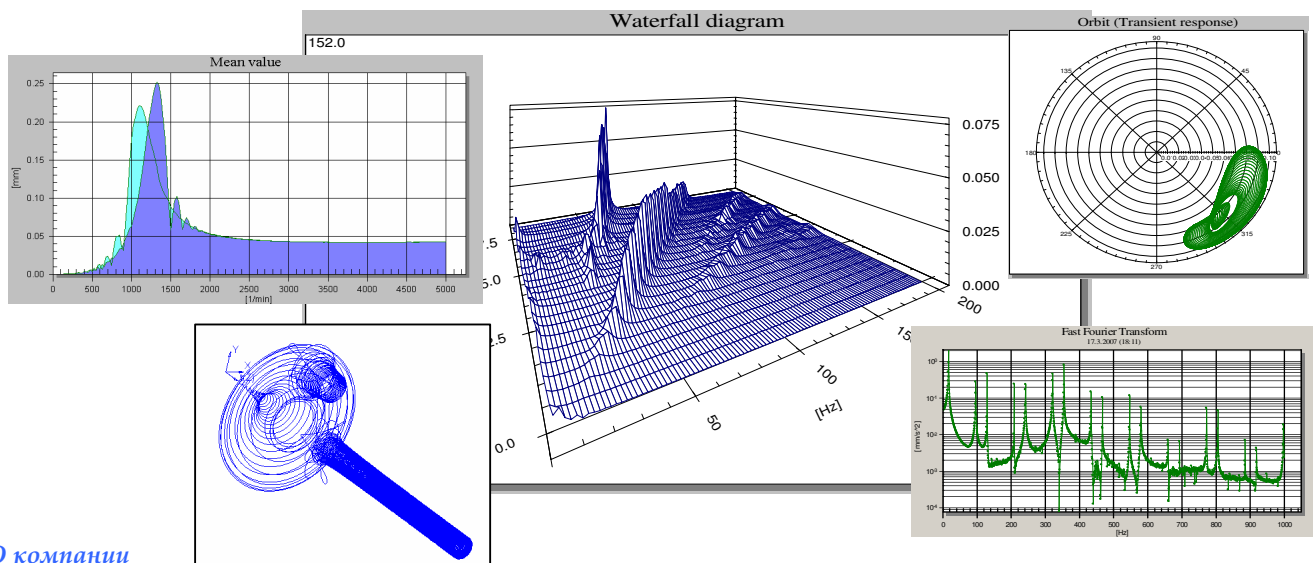
- **Упруго-демпферная опора.** Моделируются два основных типа демпферов – “короткий” (без уплотнительных колец) и “длинный” (с уплотнительными кольцами по краям). Граничные условия для жидкостной пленки – т-пленка (половинный охват) и 2 т-пленка (полный охват). Ламинарное течение. Возможность расчета динамических систем, как на стационарных, так и на нестационарных режимах
 - **Подшипник скольжения.** Моделируются два основных типа подшипника скольжения с цилиндрической расточкой – “короткий” (без уплотнительных колец) и “длинный” (с уплотнительными кольцами). Граничные условия для жидкостной пленки – т-пленка (половинный охват) и 2 т-пленка (полный охват). Учитывается давление подачи жидкости
- 
- **Подшипник качения.** Моделируется два основных типа подшипников - радиально-упорный и роликовый. Модель с двумя степенями свободы. Элемент предназначен для нестационарного анализа роторных систем. Учитывается зазор в подшипниках, количество тел качения, контактная жесткость и т.д. Имеется возможность задания демпфирования
 - **Зазор.** Элемент моделирует зазор в роторных системах, касания ротора и статора. Учитывается

неравномерность зазора по окружности, локальные жесткость и демпфирование в точках контакта, проскальзывание и т.д.

- **Программируемый элемент.** Позволяет пользователю разработать на базе имеющейся у него математической модели или алгоритма собственный нелинейный элемент (связь между подсистемами) и включить его в модель любой роторной системы. Сложность нелинейного элемента практически не ограничена. Запись алгоритма осуществляется при помощи встроенного легко осваиваемого скриптового языка Python (www.python.org). Элемент незаменим для инженеров и аспирантов, ведущих научные исследования. Позволяет вести самостоятельные разработки и развитие системы.

Постпроцессор

Для обработки результатов, полученных в нестационарном анализе в виде временных реализаций, используются следующие алгоритмы:



О компании

Научно-технический центр ООО "Альфа-Транзит" создан в 2000 г. Основное направление деятельности компании - разработка программного обеспечения для анализа роторной динамики вращающихся машин различных типов. Среди этих машин - газотурбинные двигатели различных типов, силовые установки, турбодетандеры, стартеры, компрессоры, турбонасосные агрегаты, ветровые установки, мультипликаторы, редукторы, валопроводы и т.д.

По направлению работают высококлассные специалисты в области динамики и прочности узлов и деталей турбомашин, роторной динамики, вибрационной диагностики - доктора и кандидаты технических наук, объединившие более чем 40-летний опыт, накопленный ими в Московском авиационном институте, компании, других организациях. В России компания является лидером в разработке специализированного программного обеспечения, а также предоставления инженеринговых услуг для анализа динамики вращающихся систем различных типов.

Программные разработки используются ведущими компаниями России и многими зарубежными компаниями. Программное обеспечение сертифицировано и готово для использования заказчиками. Компания обеспечивает постоянную поддержку пользователей программ, предоставляя им обновления и обучение



Консультации для иностранных специалистов

Наши партнеры

- НПО "Сатурн" (Россия)
- НТЦ им. А.Люльки (Россия)
- ФГУП ММП "САЛЮТ" (Россия)
- TECHWIN (Южная Корея)
- Schaeffler Group (Luk, INA, FAG) (Германия)
- Magellan Aerospace Corporation (Канада)
- Doosan Heavy Industry&Construction (Южная Корея)
- KIMM (Южная Корея)
- НПГК "Зоря" - "Машпроект" (Украина) и другие

Научно-технический центр
ООО "Альфа-Транзит"
 Россия, Московская область, 141400,
 г. Химки, ул. Ленинградская, 1
 Телефон/факс 7-495-2326091
 Электронная почта: support@alfatran.com
 Интернет: www.alfatran.com

© Все права защищены
 ООО "АЛЬФА-ТРАНЗИТ"® 2000-2007