

# Функциональные характеристики ПО IMAD

## Оглавление

<b>Введение .....</b>	<b>3</b>
<b>Краткое описание ПО .....</b>	<b>3</b>
<b>Возможности применения ПО.....</b>	<b>3</b>
<b>Модель конструкции летательного аппарата .....</b>	<b>3</b>
<b>Модальный анализ .....</b>	<b>4</b>
<b>Аэродинамическая модель .....</b>	<b>5</b>
<b>Исследование аэроупругости .....</b>	<b>5</b>
<b>Анализ случаев нагружения.....</b>	<b>6</b>

## Введение

Настоящий документ содержит описание основных функциональных характеристик программного обеспечения «IMAD. Интерактивное многодисциплинарное проектирование летательных аппаратов» (далее - IMAD).

## Краткое описание ПО

IMAD - интерактивное программное обеспечение для решения задач аэроупругости и внешнего нагружения упругих летательных аппаратов, начиная с этапов раннего проектирования.

## Возможности применения ПО

Программное обеспечение IMAD позволяет:

- создавать конечно-элементные модели летательных аппаратов, учитывающие жесткостные и массово-инерционные характеристики исследуемых объектов;
- проводить модальный анализ конструкции, т.е. определять собственные частоты и формы колебаний;
- определять аэродинамические силы, действующие на летательный аппарат, с учетом упругости конструкции;
- исследовать задачи аэроупругости, такие как расчет флаттера и эффективности органов управления;
- проводить расчет нагрузок на летательный аппарат в полетных случаях нагружения.

## Модель конструкции летательного аппарата

В IMAD модель ЛА формируется с помощью подконструкций двух типов:

- упругая балка, работающая на растяжение-сжатие, кручение, изгиб и сдвиг в двух плоскостях, применяется для моделирования крыльев большого удлинения, оперения, органов управления, фюзеляжей, двигателей, подвесок и т.д.;
- тонкая несущая поверхность, работающая как конструктивно-

анизотропная дискретно подкрепленная пластина, в основном, применяется для моделирования крыльев малого удлинения и несущих фюзеляжей.

Для моделирования несущих свойств фюзеляжей, крыльев, оперения и органов управления эти подконструкции дополняются аэродинамическими поверхностями.

После ввода основных исходных данных агрегатов конечно-элементная модель летательного аппарата формируется автоматически.

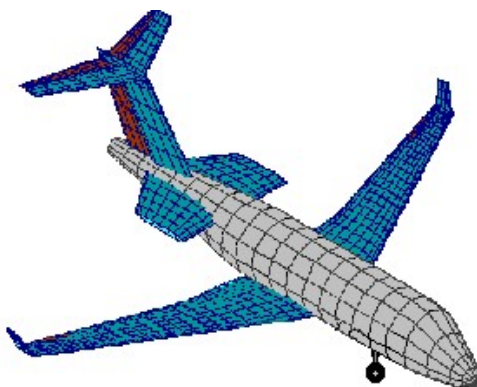


Рисунок 1. Модель пассажирского самолета

## Модальный анализ

Частоты и формы собственных колебаний летательного аппарата определяются методом синтеза парциальных мод подконструкций с помощью эффективного алгоритма IMAD. Проблема собственных значений решается на основе метода Ланцоша с частичной ортогонализацией.

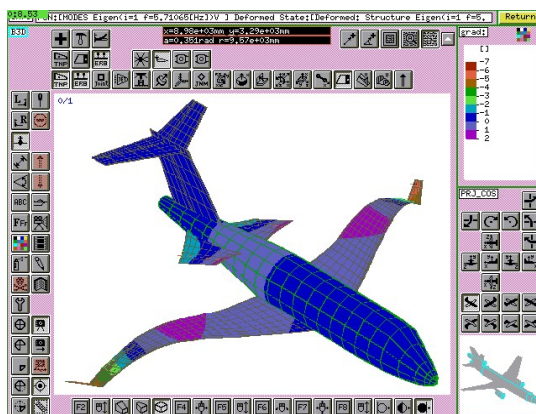
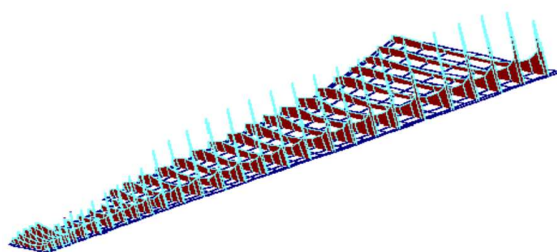


Рисунок 2. Второй тон симметричного изгиба крыла пассажирского самолета.

## Аэродинамическая модель

IMAD использует панельный метод для анализа аэродинамики летательного аппарата в дозвуковом и сверхзвуковом потоках.

Поверхность летательного аппарата моделируется большим числом панелей с распределенными аэродинамическими особенностями. Когда аэродинамическая модель готова, вычисляются все стационарные и нестационарные аэродинамические коэффициенты, включая коэффициенты индуктивного сопротивления.



*Рисунок 3. Диаграммы аэродинамических давлений на поверхности крыла в горизонтальном полете*

## Исследование аэроупругости

IMAD позволяет решать основные задачи аэроупругости для летательного аппарата с отклоняемыми органами управления: расчеты эффективности и реверса органов управления, дивергенции и флаттера.

Выполняется анализ полной системы уравнений движения упругого ЛА с применением стационарных и нестационарных аэродинамических коэффициентов. Учитывается влияние сил индуктивного сопротивления и гироскопических моментов роторов двигателей на критические параметры флаттера.

Результаты представляются в виде графиков изменения аэродинамических коэффициентов под воздействием скоростного напора при расчете статической аэроупругости и годографов полюсов динамической системы при расчете флаттера.

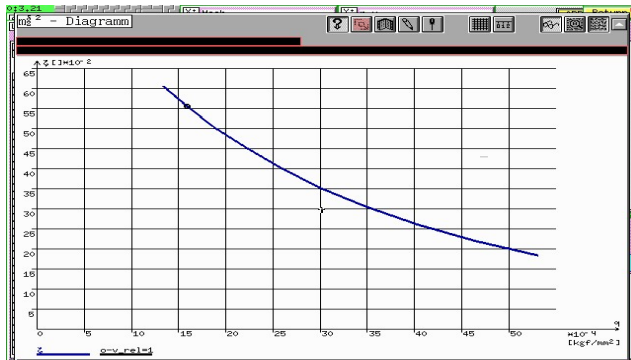


Рисунок 4. Изменение эффективности управления по тангажу как функция скоростного напора.

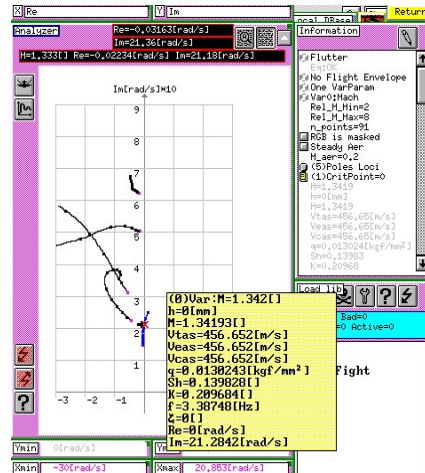


Рисунок 5. Корневые годографы тонов, информация о критической точке флаттера.

## Анализ случаев нагружения

IMAD позволяет анализировать случаи нагружения в соответствии с требованиями норм прочности. С помощью IMAD можно определять балансировочные положения органов управления, аэродинамические и инерционные нагрузки на летательный аппарат при установившихся маневрах, отклонении органов управления и контролируемых маневрах.

Автоматически строятся огибающие нагрузок для различных массовых компоновок летательных аппаратов, режимов полета и т.д.

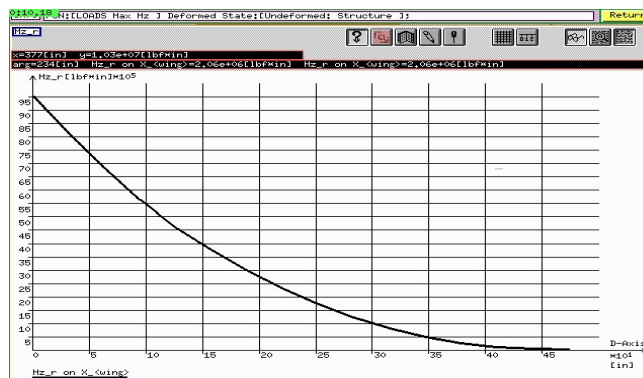


Рисунок 6. Огибающая изгибающих моментов в крыле