




Расчет на флаттер

Курсовая работы студенток
2 курса группы 23604/1
Рубиновой Раисы и
Тимошенко Валентины



Теоретическая часть

Флаттером называются незатухающие упругие колебания частей летательного аппарата, возникающие в полёте в результате аэродинамических воздействий, если скорость полёта достигает некоторой определённой величины - критической скорости флаттера $V_{кр}$. Флаттер влияет на безопасность полета, в случае интенсивных колебаний могут пострадать как корпус летательного аппарата (если динамические напряжения достигнут разрушающих позиций), так и автоматическая система управления, что приводит к катастрофе летательного аппарата. В связи с этим для обеспечения безопасности (то есть для предотвращения флаттера) критическая скорость берется в k раз больше максимально возможной скорости полета (k - коэффициент запаса). Сама критическая скорость зависит от аэродинамических сил, действующих на летательный аппарат. К данным аэродинамическим силам относятся сила лобового давления и подъемная сила. Поэтому критическая скорость задается двумя соотношениями: числом Маха $M = V/a$ и скоростным напором $q = \rho V^2/2$.

Так как при решении задачи о безопасности от флаттера чаще всего критическую скорость обуславливают характеристиками одной какой-либо несущей части летательного аппарата, в первую очередь необходимо определить форму флаттера и выделить “ведущие” степени свободы, влияющие на расчет скорости. В каждом случае учитываются свои виды деформации. Более того, в зависимости от того, в какой зоне находится скорость (малые скорости, дозвуковые и сверхзвуковые), закон изменения скорости при изменении параметров летательного аппарата будет свой.

Летательный аппарат - механическая система, в которой любому деформируемому состоянию соответствует свое значение потенциальной энергии, любой скорости деформаций - кинетическая энергия, а любым аэродинамическим нагрузкам - возмущение потока, вносимым деформацией системы. При решении задачи о флаттере мы установим ряд ограничений: в частности, мы будем рассматривать условия уже установившегося полета и аэродинамические характеристики как линейные функции деформаций и скоростей деформаций. Таким образом, мы сводим задачу к рассмотрению малых колебаний, что значительно упрощает ситуацию.

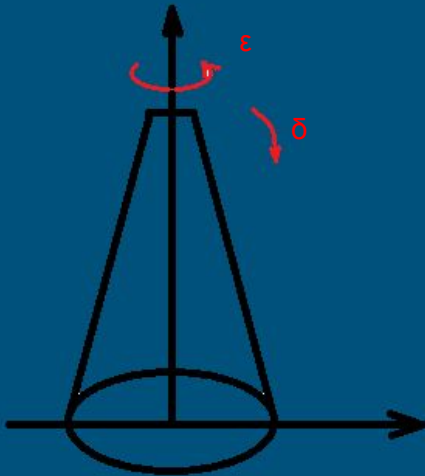
Расчет на флаттер

Расчет на флаттер в нашем случае сводится к расчету колебаний для четырех (пространственная схема) рулей, колебания каждого из которых можно представить в виде колебания вектора $q=(\varepsilon,\delta)^T$

В общем случае их можно найти из дифференциального уравнения второго порядка вида

$$M^*q'' + \alpha K + \rho v \beta M q' + (K + 0.5 \rho v^2 B) q = 0$$

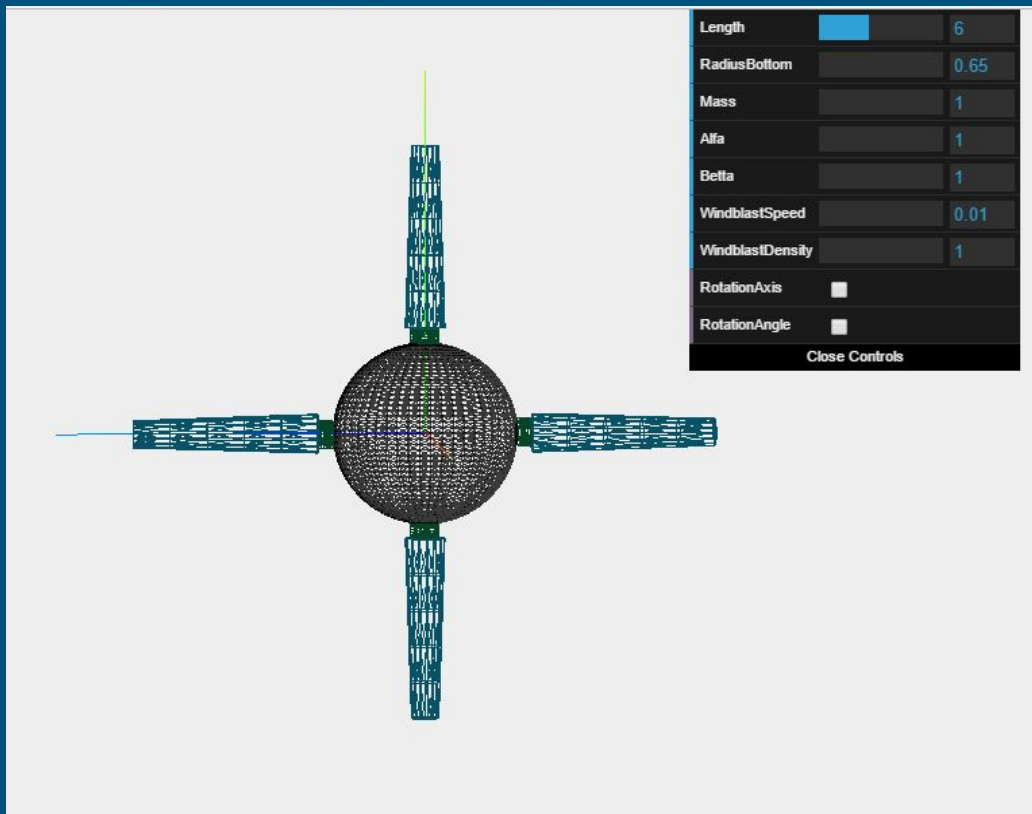
где M - матрица инерции, K - матрица жесткости, а B - матрица аэродинамических сил.



Решение ищется в виде $q = q_0^* \exp(\lambda t)$, при этом мы сначала решаем однородную задачу, а после - неоднородную.

Визуализация

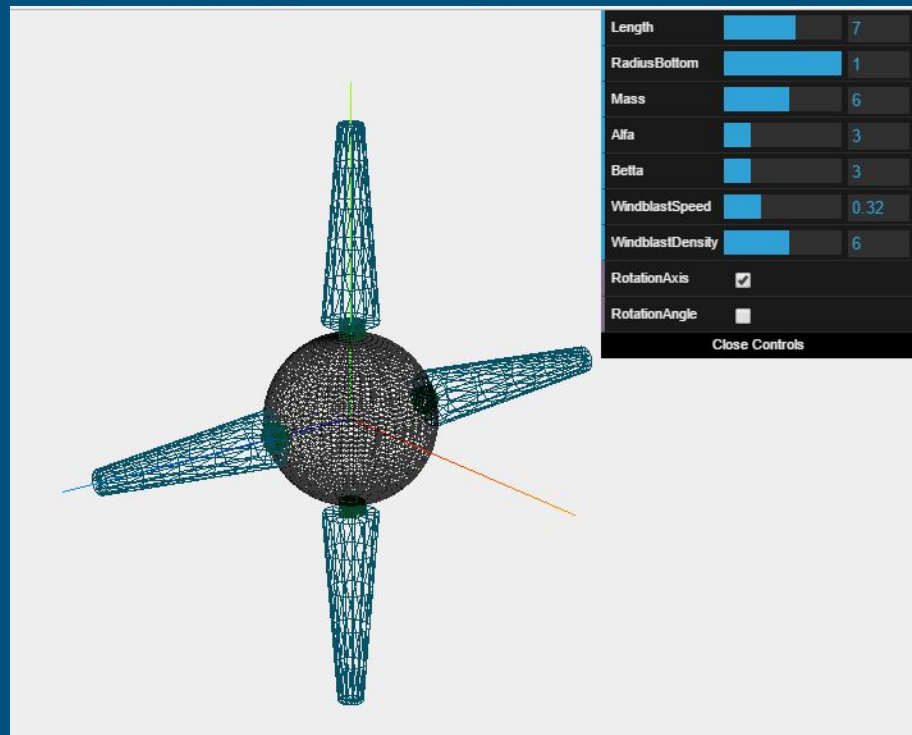
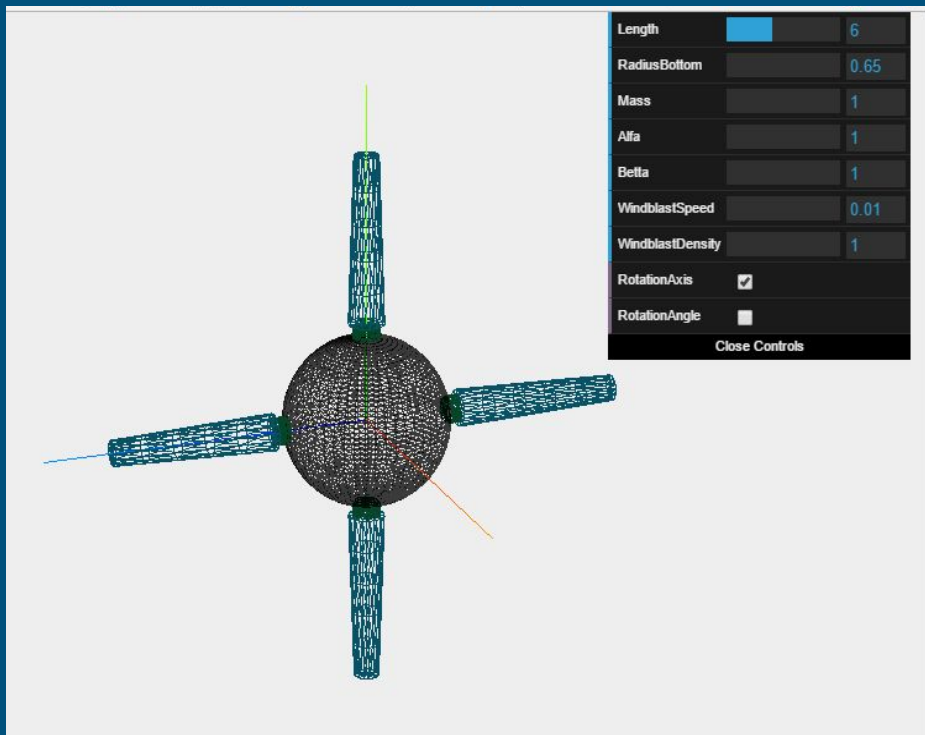
Визуализацию колебаний мы сделали на языке JavaScript с помощью библиотеки three.js



Сама конструкция представляет собой сферу, к которой по осям ординат и аппликат прикреплены рули, имеющие форму цилиндра. Значения некоторых параметров конструкции можно менять с помощью ползунков. Также предоставлена возможность выбора характера колебаний и изменения положения камеры.

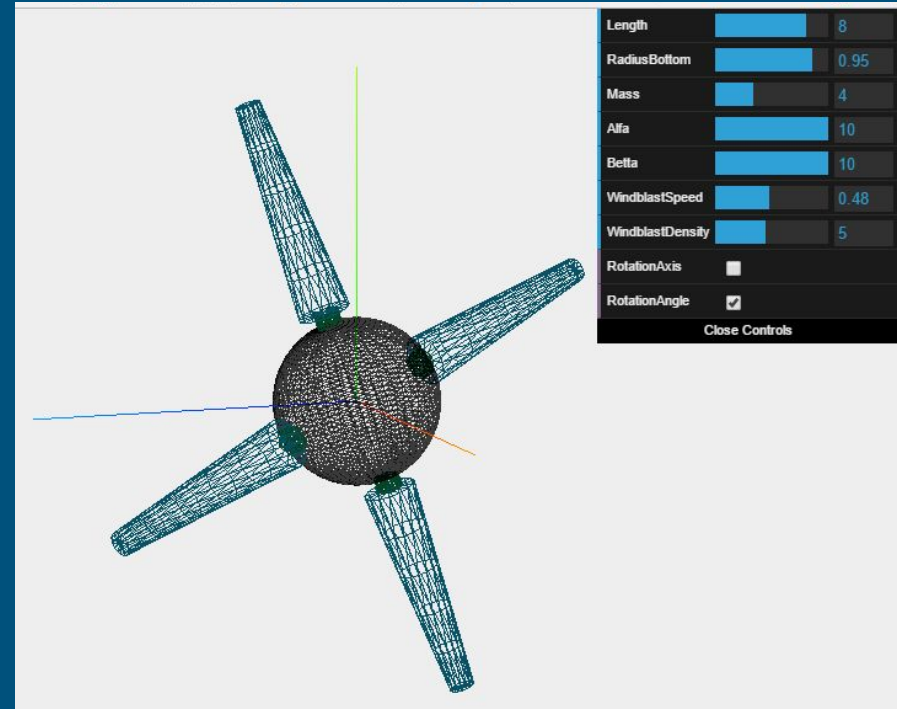
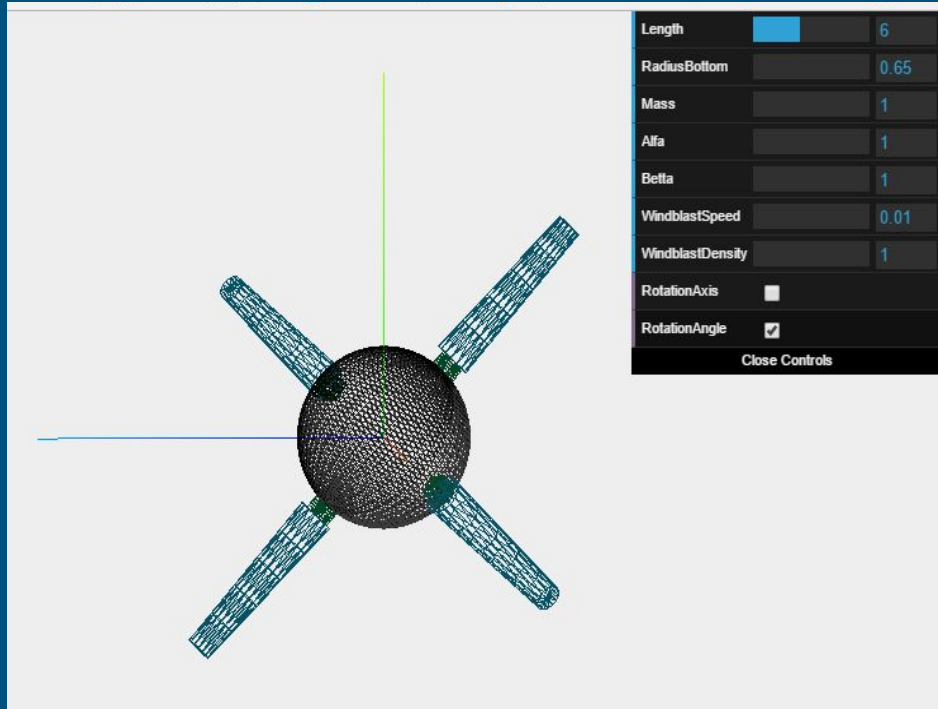
Режим вращения вокруг собственной оси


В этом режиме идет вращение непосредственно рулей, представленных в форме цилиндра. При изменении параметров изменяется скорость вращения.



Режим вращения с отклонением от оси

В этом режиме идет вращение всей конструкции, отклоненной от осей аппликат и ординат на высчитываемый угол. При изменении параметров изменяются скорость и характер вращения.





Спасибо за
внимание!

