

Оценка точности выполнения некоторых режимов полета дельтаплана при ветровых возмущениях

Научный руководитель – Лемак Степан Степанович

Валеева Камилла Марселевна

Студент (специалист)

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
Механико-математический факультет, Кафедра прикладной механики и управления,
Москва, Россия

E-mail: kamila.valeeva@math.msu.ru

В работе исследуется влияние ветровых возмущений на точность выполнения продольных маневров учебного дельтаплана с балансирным управлением. Актуальность задачи связана с созданием тренажерных комплексов: математическая модель позволяет моделировать полет и отрабатывать действия пилота без риска для жизни.

Объект исследования — дельтаплан как механическая система, состоящая из жесткого крыла и шарнирно прикрепленной подвески с пилотом [1]. Управление осуществляется смещением веса пилота (изменением угла отклонения подвески относительно крыла) [1]. Движение рассматривается в вертикальной плоскости с учетом аэродинамических сил и момента тангажа. Ветровое возмущение моделируется двумя составляющими: продольной (изменяет скоростной напор) и вертикальной (изменяет эффективный угол атаки).

На основе законов динамики выписана система нелинейных дифференциальных уравнений продольного движения в скоростной системе координат. Аэродинамические коэффициенты лобового сопротивления и подъемной силы аппроксимируются квадратичной и линейной зависимостями от угла атаки, что справедливо для типичного диапазона углов (от -2° до 18°) [1]. Коэффициент момента тангажа учитывает собственный момент крыла и вклад от сопротивления пилота [1].

Для анализа выбран стационарный режим — установившееся снижение по глиссаде (посадочный режим) [1]. Для дельтаплана с типовыми параметрами (масса пилота 40 кг, масса крыла 80 кг, площадь крыла 12 м^2), при помощи расчетов, выполненных на языке программирования Python, определены стационарные значения: скорость 10 м/с, угол наклона траектории $-7,8^\circ$, угол тангажа $11,2^\circ$, балансировочное отклонение пилота -11° .

Относительно этого режима выполнена линеаризация уравнений. Получена приближенная линейная модель, учитывающая только первые члены разложения. При малых отклонениях (скорость ветра до 2–3 м/с) линейная модель дает приемлемую точность. Исследовано влияние постоянных ветровых возмущений на положение равновесия, позволяющая количественно оценить смещение равновесных значений скорости, углов тангажа и траектории, а также угловой скорости при заданном ветре. Промоделированы переходные процессы в линейной системе при различных начальных отклонениях и построены графики.

Полученные модели позволяют применять методы оптимального управления и теории дифференциальных игр для поиска гарантированных оценок точности. Результаты могут быть использованы при разработке алгоритмов управления в тренажерах.

Источники и литература

- 1) Азарьев И.А., Горшенин Д.С., Силков В.И. Практическая аэродинамика дельтаплана. М.: Машиностроение, 1992.