

ВЕРТОЛЕТ С ГРУЗОМ НА ВНЕШНЕЙ ПОДВЕСКЕ КАК ОБЪЕКТ УПРАВЛЕНИЯ

А.Г. Гинько, А.Ф. Крупеньков, М.К. Хаджинов
Кафедра систем управления,

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь

E-mail: { alexanderkrupenkov, guniaman777 } @gmail.com, kh_m@tut.by

Использование неустойчивых объектов управления, если ими правильно управлять, можно получить ряд полезных преимуществ, в том числе и быстродействие. В авиации такие системы имеют большое распространение, где необходимо быстрое реагирование на любое воздействие, а так же при различных маневрах.

ВВЕДЕНИЕ

При транспортировке груза на внешней тросовой подвеске (ВП) вертолета возможно возникновение колебаний груза. Это может быть вызвано срывным обтеканием груза неудобообтекаемой формы, воздействием порыва ветра, автоколебаниями груза, ускоренным перемещением вертолета в горизонтальной плоскости при маневрировании.

Поскольку груз связан с вертолетом с помощью троса и при колебаниях груза трос отклоняется от своего равновесного положения, сила натяжения троса, т.е. сила, воздействующая на вертолет, изменяется по величине и направлению. В результате возникают колебания вертолета.

I. ПИЛОТИРОВАНИЕ ВЕРТОЛЕТА

Факторы осложняющие пилотирование: из-за смещения центра масс вертолета вниз он начинает реагировать на незначительные отклонения ручки управления, груз на переходных режимах полета перемещается с запаздыванием относительно движения вертолета, при разгоне или торможении груз может влиять на скорость и ускорение вертолета, при выполнении разгона воздействие дополнительного пикирующего момента от отстающего груза увеличивает темп разгона, при выполнении торможения воздействие дополнительного момента от забегающего вперед груза ускоряет гашение скорости. Поэтому разгон и торможение необходимо выполнять весьма осторожно и плавно, не допуская значительного изменения угла тангажа вертолета.

Колебания груза успокаиваются в полете в зависимости от фазы колебаний путем создания перегрузок, действующих на вертолет. Если скорость отклонения груза на тросе максимальна, то необходимо создавать избыточную перегрузку (отклонение рукоятки "шаг-газ"вверх). Если скорость перемещения груза равна нулю, то необходимо создавать перегрузку меньше единицы (отклонение рукоятки "шаг-газ"вниз). Ана-

логично задание перегрузок осуществляется с помощью режимов разгона и торможения.

Однако ограничение хода рулевых поверхностей и общего "шага-газ"оказывается в полной мере иногда недостаточным для гашения колебаний.

Кроме того, выполнение указанных управляющих действий требует информации о положении груза относительно вертолета, и с другой стороны - четких действий пилота. Если пилот управляет не синхронно (неправильно, при ошибках), - если скорость перемещения груза равна нулю, но есть отклонения груза, и создается перегрузка, то это приводит к десинхронизации и раскачке груза. Возникает чрезвычайно опасный режим, нарушается безопасность полета, что требует завершения режима полета и сброса груза.

II. МОДЕЛЬ

Для начала мы рассмотрим движение вертолета строго горизонтально с подвесом. А далее будем переходить к модели самого вертолета, улучшая наши характеристики, изменяя структурную схему, вводя новые элементы и при этом избавляясь от колебаний.

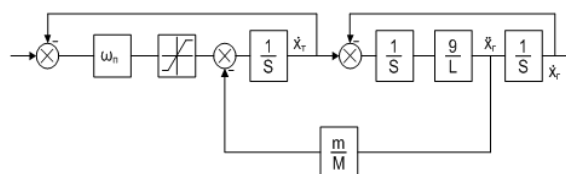


Рис. 1 – Структурная схема модели крана

В простейшем случае модель крана представляется грузовой тележкой с электроприводом и подвешенным на тросе грузом (рис.1). Перед нами двухмассовая система с управляемой электроприводом тележкой и свободно болтающимся под ней грузом.

Структура модели крана будет состоять из электродвигателя с дополнительной инерционностью тележки и консервативного звена, отражающего движение подвешенного груза. Квадрат частоты собственных колебаний подвеса бу-

дет определяться отношением ускорения силы тяжести g к длине подвеса L . Взаимное силовое воздействие тележки и груза в горизонтальной плоскости будет пропорционально смещению груза относительно точки подвеса. Ускорение тележки под действием груза будет зависеть от отношения массы груза m к массе тележки M .

Чтобы учесть воздействие груза на привод тележки и возможное ограничение на ускорение электропривода, инерционное звено представляем в виде контура с единичной обратной связью. В прямой цепи контура включены последовательно: коэффициент равный полосе пропускания электропривода, ограничитель ускорения ненагруженной тележки, сумматор для подачи ускорения от груза через коэффициент m/M , интегратор. Выход интегратора – скорость тележки, вход – ее ускорение.

Далее мы используем Шепинг фильтр, чтобы уменьшить действие груза на полет вертолета и максимально переложить эту задачу на автопилот.

III. МОДЕЛИРОВАНИЕ

Когда мы начинали моделировать упрощенную модель вертолета с подвесом, она имела ряд плохих качеств. Время регулирования было большим, а так же было большое количество колебаний. Из переходных процессов можно было хорошо увидеть, как ускорение груза влияет на всю систему во время полета.

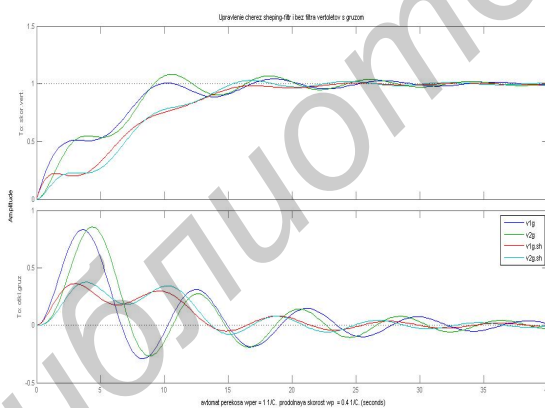


Рис. 2 – Результаты моделирования с Шепинг фильтром

Как можно заметить из рис. 2 скорость вертолета колеблется за счет воздействия груза, мы видим колебания и изменения скорости вертолета, она со временем становится постоянной. Для гашения колебаний и улучшения качества харак-

теристик мы используем модальный регулятор и Ш.Ф.

Мы видим, что введение в схему Ш.Ф. очень хорошо сказывается на переходном процессе системы. Уменьшает колебания, а так же время регулирования становится меньше. При этом воздействие груза на вертолет уменьшается.

IV. ПИЛОТИРОВАНИЕ

Возникают определенные трудности: сложность пилотирования вертолета с грузом на внешней подвеске, что затрудняет выполнение точного перемещения вертолета и груза при проведении различных задач, а так же необходимость учитывать колебания груза, который воздействует на вертолет и может мешать летчику совершать задачу с необходимой точностью и скоростью.

Эти обстоятельства приводят к тому, что различные задачи и работы могут выполняться только высококвалифицированными, прошедшими специальную подготовку летчиками.

При ручном пилотировании летчиком совместно с системой гашения колебаний груза. В этом случае летчик выполняет пилотирование вручную, однако для гашения колебаний груза подключается автоматическая система гашения колебаний груза, что позволяет летчику совершать различной сложности задачи с грузом.

V. ВЫВОДЫ

В ходе нашего моделирования мы шли от простых вещей к более приближенным к реальности. Как например в начале мы считали вертолет – тележкой с грузом. Считали, что вертолет движется строго горизонтально с каким-то ускорением.

Затем с помощью Ш.Ф. с модулятором, мы смогли достичь хороших показателей для нашей системы. А именно: Избавиться от колебаний, ускорить время регулирования.

Дальнейшая работа со схемой все больше нас приводит к реальному вертолету. Хотя учесть все факторы является трудной задачей и не всегда оправданной. Поэтому мы можем считать, что данная математическая модель может отражать основные характеристики реального объекта (вертолета).

1. Есаулов С. Ю., Бахов О. П. Вертолет как объект управления. М., «Машиностроение», 1977.
2. Козловский Б. Паршенцев С. А. Ефимов В. В. Машиностроение/Машиностроение-Полет, 2008.- 304с
3. Либерзон Д. Системы управления, 2003.