

СТАБИЛИЗАЦИЯ ПОЛЕТА ВЕРТОЛЕТА С ГРУЗОМ НА ВНЕШНЕЙ ПОДВЕСКЕ

А. Ф. Крупеньков, М. К. Хаджинов

Кафедра систем управления, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Минск, Республика Беларусь

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

Пилотирование вертолета с грузом на внешней подвеске имеет ряд особенностей и является более сложным, чем при перевозке грузов внутри кабины, на что требуется быстрое реагирование на любое воздействие, а так же большой опыт пилота.

ВВЕДЕНИЕ

При удлинении тросов системы внешней подвески более 20 м схема сил и моментов, действующих на вертолет меняется. Допустимый диапазон наклона несущего винта, а следовательно, и отклонения ручки управления будут значительно меньше, чем при более высоком расположении центра тяжести. Это уменьшение диапазона предельных отклонений ручки управления при полете с грузом на внешней подвеске вызывает серьезные затруднения в технике пилотирования. Вертолет реагирует даже на очень незначительные отклонения ручки управления, а при ее несоразмерно больших отклонениях могут создаваться настолько большие углы крена и тангажа, что вывод вертолета из них будет крайне затруднен или даже невозможен. Решить проблему управления можно различными способами.

Возможно написание программного обеспечения, для автопилота, который управляет системой, полагаясь на данные с датчиков, но для этого нужно предоставлять больше данных о положении, движении и прочих характеристиках груза. Физически, введением погашающих колебания устройства, как до их возникновения так и компенсацией уже возникших колебаний.

I. УПРАВЛЕНИЕ ВЕРТОЛЕТОМ

На переходных режимах полета груз будет перемещаться с запаздыванием относительно движения вертолета. Поэтому перемещения вертолета после зависания должны быть очень плавными. При резком перемещении вертолета в любую сторону груз из-за нежесткой связи с вертолетом первый момент остается на месте, а затем начинает двигаться в сторону движения вертолета, что в дальнейшем приводит к раскачиванию груза. Для удержания заданного режима летчику необходимо постоянно вмешиваться в управление вертолетом. Кроме того, увеличиваются километровый и часовой расходы топлива, а дальность и продолжительность полета уменьшаются. Колебания груза успокаиваются в полете в зависимости от фазы колебаний пу-

тем 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). Аналогично 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. Из-за сложностей управления вертолетом с грузом возникает необходимость автоматизации данных процессов, чтобы уменьшить вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций во время полета.

II. МОДЕЛЬ

Рассмотрим движение вертолета строго горизонтально с подвесом.

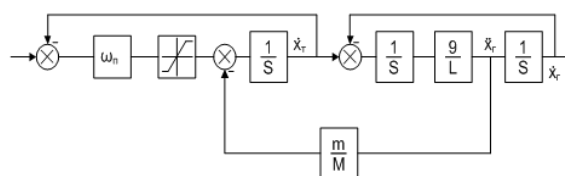


Рис. 1 – Структурная схема модели крана

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 будет определяться отношением ускорения силы тяжести g к длине подвеса L . 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.

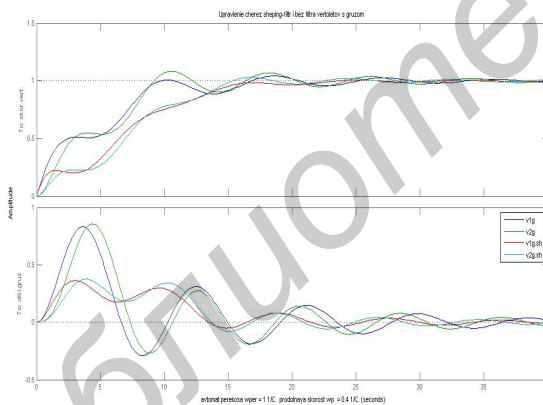


Рис. 2 – Результаты моделирования с Шепинг фильтром

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 характеристик 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.

Анализируя полученные данные, можно сказать, что возможно уменьшить колебания груза и их воздействие на вертолет, в данном случае с помощью Ш.Ф., однако это возможно сделать на уровне ПО с введением дополнительных датчиков для груза, троса и т.д. Соотнеся данные, можно автоматически управлять вертолетом с грузом без помощи пилота, при этом максимально эффективно использовать ресурсы, такие как время, топливо и т.д.

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 моделирования мы убедились, что колебания уменьшаются, можно добиться более безопасного и стабильного управления вертолетом. "Фильтр возможно реализовать различными способами, как программно, так и физически. Мы использовали модель объекта с модальным регулятором, с помощью которого мы смогли достичь хороших показателей для нашей системы. А именно: Избавиться от колебаний, ускорить время регулирования, на примере двухмассовой системы (тележка и груз), а так же системы в виде двух математических, последовательно подвешенных маятников. 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.