

# ВЕРТОЛЕТ С ГРУЗОМ НА ВНЕШНЕЙ ПОДВЕСКЕ КАК ОБЪЕКТ УПРАВЛЕНИЯ

*Использование неустойчивых объектов управления, если ими правильно управлять, можно получить ряд полезных преимуществ, в том числе и быстрдействие.*

## ВВЕДЕНИЕ

При транспортировке груза на внешней тросовой подвеске вертолета возможно возникновение колебаний груза. Это может быть вызвано ускоренным перемещением вертолета, ветром. 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 [1,2].

### 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.

### II. МОДЕЛЬ КРАНА

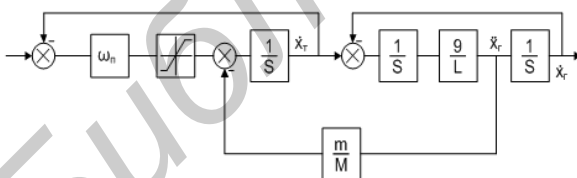


Рис. 1 – Структурная схема модели

Структура модели крана будет состоять из электродвигателя с дополнительной инерционно-

стью тележки и консервативного звена, отражающего движение подвешенного груза. Ускорение тележки под действием груза будет зависеть от отношения массы груза  $m$  к массе тележки  $M$ .

### 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.

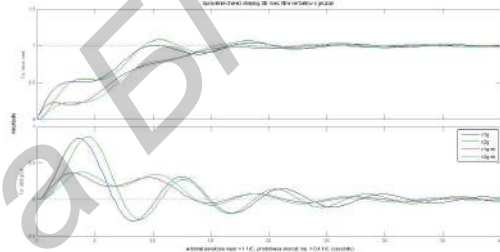


Рис. 2 – Результаты моделирования с Шепинг фильтром

Мы можете видеть, что введение в схему Ш.Ф. очень хорошо сказывается на переходном процессе системы. Уменьшает колебания, а так же время регулирования становится меньше.

### IV. ВЫВОДЫ

В начале мы принимали вертолет – тележкой с грузом. Мы считали, что движение строго горизонтальное с определенным ускорением. Затем с помощью введения новых элементов в структурную схему, мы смогли достичь хороших показателей для нашей системы.

1. Есаулов С. Ю., Бахов О. П. Вертолет как объект управления. М., «Машиностроение», 1977.
2. Козловский Б. Машиностроение/Машиностроение-Полет, 2008.-304с

Крупеньков Александр Федорович, студент группы 022402 БГУИР, alexanderkrupenkov@gmail.com

Гинько Александр Геннадьевич, студент группы 022402 БГУИР.

Научный руководитель: Хаджинов Михаил Касьянович, кандидат технических наук, доцент.