

# КОМПЕНСАЦИЯ НЕИЗМЕРЯЕМЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ СИСТЕМОЙ МОДАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМ ОБЪЕКТОМ

Котвицкий П. И., Хаджинов М. К.

Кафедра систем управления, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
Минск, Республика Беларусь  
E-mail: kotpeter9999@mail.ru

Решается две задачи: задача синтеза системы программного управления сложным объектом с применением модального регулятора и наблюдателя, а также задача компенсации входным сигналом объекта неизмеряемых ветровых возмущений без установки дополнительных датчиков.

## ВВЕДЕНИЕ

Целью работы является разработка системы управления сложным трёхмассовым объектом, позволяющей компенсировать возмущения (в общем случае, различные по величине и характеру), действующие на составляющие объекта, одним входным сигналом.

## I. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ СИНТЕЗА

Имеется грузовая тележка башенного крана и подвес, состоящий из двух грузов. Грузы подвешены последовательно, один за другим. Требуется разработать и промоделировать систему управления перемещением тележки вдоль стрелы крана.

Система должна удовлетворять заданным показателям качества: отсутствие статической ошибки по перемещению тележки крана и апериодическая форма переходной характеристики (заданные корни характеристического уравнения). Тележка должна двигаться таким образом, чтобы скорость грузом плавно изменялась до заданного значения без колебаний.

Кроме того, система должна подавлять колебания грузов при изменении скорости движения тележки, а также в случае воздействия сторонних возмущений (ветровых).

Желаемые корни легко обеспечиваются модальным регулятором. Для расчёта алгоритма оценивания требуется достаточно точная модель объекта в области полосы пропускания. Возможность её составления не вызывает сомнений, поскольку для конкретной задачи имеются все необходимые исходные данные.

Устранение (компенсация) колебаний груза достижима путём расширения модели объекта, встроенной в алгоритм оценивания, дополнительным интегратором, учитывающим рассогласование выходных сигналов объекта и модели (по сути, их разница и есть приведённое к выходу возмущение) и подача этого сигнала на вход системы отрицательной обратной связью. Таким образом, астатизм по возмущению дости-

гается путём увеличения порядка астатизма контура оценивания, а не контура управления.

Наилучшим с точки зрения временных затрат подходом к решению данной комплексной задачи является компьютерное моделирование. Подходящим вариантом является вычислительный пакет MatLab, имеющий огромный инструментарий для автоматизации расчётов и моделирования.

## II. РЕЗУЛЬТАТЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ СИНТЕЗА

На основании исходных данных автором составлена математическая модель системы в виде системы дифференциальных уравнений. Для оценки переменных состояния объекта автором применяется модель полноразмерного наблюдателя. Регуляторы наблюдателя и объекта рассчитываются в Matlab с помощью стандартных функций, рассмотренных в [2].

Наблюдатель и модальный регулятор обеспечивают управление объектом по разомкнутому контуру. Результаты моделирования в виде графиков переходных процессов скоростей тележки и грузов при отсутствии возмущений представлены на рис. 1. Из графиков видно, что переходные характеристики скоростей грузов удовлетворяют заданным требованиям.

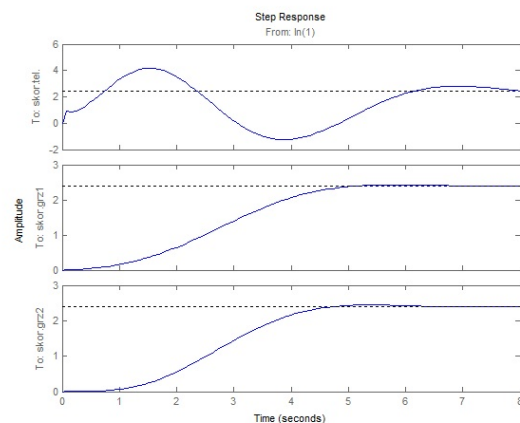


Рис. 1 – Переходные процессы по управляющему сигналу для выходных координат: скорости тележки, скорости первого и второго грузов

Для компенсации возмущений в модель объекта вводится дополнительное интегрирующее звено, учитывающее действующие на объект возмущения. Полученный сигнал поступает на вход системы. Таким образом, компенсация возмущений происходит входным сигналом, без установки специальных дорогостоящих датчиков.

На рис. 2 приведены графики скоростей тележки и грузов с компенсацией и без неё. Пока возмущения не воздействуют, система работает как надо. Воздействие возмущений смещает установившееся значение переходной характе-

ристики (направление смещения зависит от направления ветра). Графики процессов с компенсацией стремятся к установившемуся значению, аналогичному графикам без возмущений, следовательно, в установившемся режиме возмущения полностью скомпенсированы.

Система управления будет эффективно работать в условиях случайных возмущений. Фактически системой управления производится компенсация текущей оценки математического ожидания всех случайных возмущений, действующих на объ

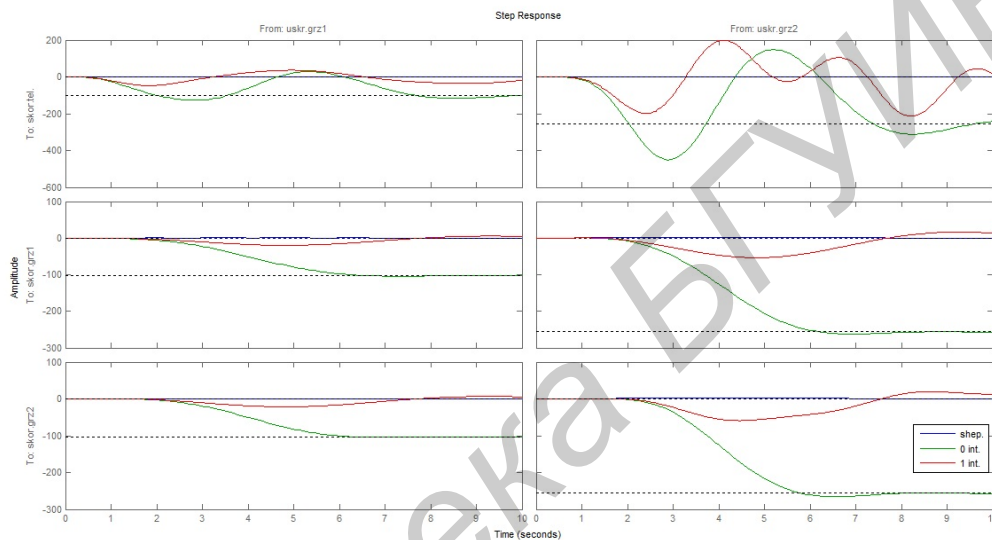


Рис. 2 – Переходные процессы в системе без возмущений, без возмущений без компенсации и с компенсацией

Таким образом, автором была разработана система управления перемещением трёхмассовой грузовой тележкой крана, обеспечивающая требуемые показатели качества системы и устраняющая эффект от возмущений без установки дополнительных датчиков. Последовательно подвешенные грузы можно рассматривать в качестве протяжённого, в общем случае, произвольного физического объекта, поэтому рассмотренный подход к синтезу можно считать универсальным. Он применим при проектировании систем, где известен или может быть получен достаточный объём исходных данных и где позволительно использовать цифровые микроконтроллеры в качестве управляющих устройств.

К недостаткам его можно отнести относительно сложную разработку алгоритма управления и требование к исходным данным объек-

та управления. Однако сложный алгоритм также является и достоинством, поскольку может обойтись гораздо дешевле покупки и установки реальных измерительных и регулирующих устройств, которые в данном случае реализованы в единственном микроконтроллере. При правильном выборе математической модели алгоритм легко составляется по кинематической схеме и удобно реализуется в виде разностных уравнений.

### III. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. В.В. Григорьев, Н.В. Журавлёва, Г.В. Лукьянова, К.А. Сергеев Синтез систем автоматического управления методом модального управления. — С-Пб: СПбГУ ИТМО, 2007. — 108 с. ил.
2. Андриевский Б.Р., Фрадков А.Л. Избранные главы теории автоматического управления с примерами на языке MATLAB. СПб: Наука, 1999. — 467 с.