

Дипломный проект выполнен на тему «Система загрузки рукоятки манипулирования объектом в вертикальной плоскости». В проекте рассматривается **важная и актуальная задача** дистанционного управления летательным аппаратом.

Традиционно, при управлении летательным аппаратом, летчик ощущает на рукоятке управления реальные усилия со стороны рулей. Но с увеличением скоростей и габаритов летательных аппаратов силы летчика оказалось недостаточно для того, чтобы перемещать рули вручную. Поэтому в современных летательных аппаратах используются силовые рулевые приводы, а рукоятка управления снабжается устройством загрузки. Обычно эту роль играют *механические пружины с демпферами*, но их использование связано с определенными трудностями при изменении их характеристик. Поэтому эти механические системы заменяют эквивалентным автоматическим загружающим устройством. В нашем случае *это электрогидравлическое устройство загрузки, позволяющее* воспроизводить более сложные эффекты загрузки.

Опираясь на решение обратной задачи динамики *по равенству ускорений*, развиваемых эталонной рукояткой и рукояткой с нагружающим гидроприводом в проекте **получен требуемый** алгоритм управления загружающим устройством. Для реализации этого алгоритма требуются измерители усилия со стороны оператора, положения рукоятки и скорости ее перемещения.

Очевидность этого алгоритма можно оценить взглянув на структурную схему системы. В состав регулятора входят компенсирующие и формирующие обратные связи. Компенсирующие связи ликвидируют влияние на систему внутренних физических обратных связей гидропривода и приводят ее к структуре двойного интегратора или идеального двигателя, а формирующие связи создают в системе требуемый эталонный закон движения.

Для проверки **правильности работы системы** в проекте проведено математическое моделирование в программном пакете Matlab, что позволило наблюдать переходные процессы, возникающие в системе при подаче единичного ступенчатого воздействия. *Видно, что* переходные процессы в спроектированной системе загрузки **мало отличаются от процессов в эталонной**.

При моделировании менялись параметры эталонного движения: жесткость пружины, к-т демпфирования и масса эталонного груза. В результате показано, что переходные процессы в спроектированной системе также **близки к эталонным**.

Еще одним требованием, предъявленным к разрабатываемой системе, было наличие специальных эффектов загрузки: триммирования, ограничения скорости перемещения рукоятки, ограничения хода рукоятки (так называемой «стенки усилий») и предварительного подтяга эталонной пружины. *На листе, можно увидеть* **отработку** этих эффектов моделью проектируемой системы.

Экспериментальное исследование такой системы проводилось на реальном электрогидравлическом стенде, имеющемся на кафедре. На листах показана сама рукоятка манипулирования со встроенным датчиком силы и редуктор с датчиком положения и тахогенератором.

В рамках этого проекта была разработана цифровая система управления на базе микроконтроллера PIC18F452, широко распространенного, но в то же время способного производить достаточно сложные вычисления с плавающей запятой. Принцип действия системы таков: микроконтроллер через дополнительную плату сопряжения, обеспечивающую преобразование сигналов, получает сигналы с датчиков на порты АЦП, реализует требуемый алгоритм управления и выдает сигнал широтно-импульсной модуляции, который управляет драйвером L293D, находящимся

в составе платы сопряжения и формирующим сигнал на обмотке управления золотникового устройства с соплом-заслонкой. Контроль работы системы управления может осуществляться при помощи персонального компьютера, подключенного к плате по СОМ-порту. В пакете прикладных программ P-CAD разработана *принципиальная электрическая схема* платы управления и на ее основе *схема разводки и размещения элементов*. По этой схеме **изготовлен образец** для экспериментальной части проекта.

Алгоритм программы микроконтроллера был получен в результате **Z-преобразования** полученного ранее непрерывного закона управления и реализован на языке Си. Блок-схему управляющей программы *вы можете увидеть* на листе 11.

Технологическая часть этого дипломного проекта также связана изготовлением платы управления. Проведена разработка технологического процесса сборки печатной платы управления и разработка методики ее испытания **правильности ее функционирования**. Также проведен анализ технологичности конструкции и расчет комплексного показателя технологичности.

В экономической части выполнен расчет трудоемкости исследовательских работ, составлен *ленточный график*, а также выполнены расчеты по экономическому планированию эксперимента.

В качестве части диплома, посвященной промышленной экологии и безопасности рассмотрены вопросы вредных воздействий при изготовлении печатной платы и разработка мероприятий по их снижению, был проведен анализ вредных факторов при эксплуатации электрогидравлического привода, и предложены меры по общему снижению возможной опасности при работе с *электрогидравлическим стендом*.

На основании материалов дипломного проекта можно сделать вывод о правильности заложенных в систему конструкторских решений и полную работоспособность используемых компонентов. Таким образом в дипломном проекте разработаны аппаратные средства реализации системы загрузки, а общим итогом проделанной работы можно считать реальную цифровую систему управления, работающую на электрогидравлическом стенде.

Всем спасибо за внимание!