

О КОНТЕНТЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ДИНАМИКА И РЕГУЛИРОВАНИЕ ГИДРО- И ПНЕВМОСИСТЕМ»

©2011 А. Г. Гимадиев, Н. Д. Быстров, А. Н. Крючков

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва
(национальный исследовательский университет)

Составлен учебно-методический материал по дисциплине «Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем», предназначенный для студентов специальности 121100 «Гидравлические машины, гидроприводы и гидропневмоавтоматика» и ряду других специальностей, в которых предусмотрено изучение гидро- и пневмосистем, для подготовки сдачи экзаменов, лабораторных и курсовых работ и защите дипломных проектов. Может также использоваться для обучения магистров по направлению подготовки «Технологические машины и оборудование» 151000.62, открытому в СГАУ в 2011 году. Состоит из четырех частей: конспект лекций по динамике и регулированию гидро- и пневмосистем, лабораторный практикум, состоящий из шести лабораторных работ, курсовой проект по расчету динамического поведения автономного гидравлического следящего рулевого привода с дроссельным регулированием и список контрольных вопросов для текущего и заключительного контроля степени усвоения материала.

Контент, учебная дисциплина «Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем», специальность 121100 «Гидравлические машины, гидроприводы и гидропневмоавтоматика», направление подготовки «Технологические машины и оборудование» 151000.62, бакалавр, магистр.

Контент по дисциплине «Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем» состоит из четырех частей: конспекта лекций по динамике и регулированию гидро- и пневмосистем, лабораторного практикума, состоящего из шести лабораторных работ, курсового проекта по расчету динамических процессов в автономном гидравлическом следящем рулевом приводе с дроссельным регулированием и списка контрольных вопросов для текущего и заключительного контроля усвоения материала.

В материале «Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем» [1] изложены основы построения математических моделей пневмогидравлических систем различных машин и аппаратов, современные методы анализа и расчета их динамических характеристик.

Конспект лекций состоит из введения, 7 глав и списка литературы, состоящего из 30 источников.

Во введении показано, что любой процесс, явление в живой и неживой природе, в технике, в физиологических объектах и социальных системах протекает во времени. Изменение процессов особенно ярко проявляется в технике, в гидравлических и газовых системах. В зависимости от того, на-

сколько быстро происходит смена состояния объектов, их можно разделить на установившиеся и неуставившиеся во времени или динамические процессы.

Динамические процессы в объектах характеризуются изменением физических параметров во времени, которые можно подразделить на рассматриваемом отрезке времени на медленноменяющиеся и быстропеременные.

Динамические процессы отличаются от установившихся процессов большими скоростями и соответственно большими усилиями, действующими на элементы систем, что может приводить к прекращению функционирования объектов различного назначения. Поэтому при проектировании, изготовлении и эксплуатации пневмогидравлических систем особое внимание уделяется динамическим процессам, ибо без их учета невозможно создать надежную технику.

В первой главе конспекта лекций под названием «МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ЭЛЕМЕНТОВ ПНЕВМО- И ГИДРОСИСТЕМ» дается понятие о динамических процессах в пневмогидравлических системах, рассматриваются свойства рабочих сред, приводится теория дросселей с нелинейной характеристикой и линеаризованной расход-

ной характеристикой, а также с переменным гидравлическим сопротивлением и теория емкостей пневмогидравлических систем. В конце главы рассматриваются трубопроводы и их соединения в методе характеристик.

Во второй главе «ЧАСТОТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ» рассматриваются трубопровод как акустический четырехполюсник, частотные характеристики трубопровода с различными граничными условиями, соединения трубопроводов и их частотные характеристики, а также импедансный метод расчёта колебательных процессов в трубопроводных гидравлических системах.

В третьей главе «МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ГИДРО- И ПНЕВМОПРИВОДОВ» приводятся современная теория нелинейной силовой части гидропривода с дроссельным регулированием, линеаризованной модели силовой части гидропривода с дроссельным регулированием, силовой части гидропривода с объёмным регулированием и математическая модель пневмопривода.

В четвертой главе «МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ УПРАВЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ ГИДРОПРИВОДОВ» дается теория силовой части гидропривода с управлением от человека-оператора и теория электромеханического преобразователя с гидравлическим усилителем.

В пятой главе «МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПЕРЕЛИВНЫХ КЛАПАНОВ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ НАСОСОВ» рассматривается теория клапана прямого действия и переливного клапана непрямого действия.

В шестой главе «УСТОЙЧИВОСТЬ ГИДРОПРИВОДА» приводится анализ устойчивости гидропривода с дроссельным регулированием, рассматриваются автоколебательные процессы в системах гидропривода.

И, наконец, в седьмой последней главе «КОРРЕКЦИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГИДРОПРИВОДОВ» излагаются методы коррекции динамических характеристик гидроприводов введением перетечек и подключением демпфера к золотнику, рассматривается коррекция электрогидравлических и электропневматических приводов.

Для расчета переходных и колебательных процессов в пневмогидросистемах применены универсальные программы для ПК. Изложенный материал предназначен для студентов специальности 121100 «Гидравлические машины, гидроприводы и гидропневмоавтоматика» и ряда других специальностей, в которых предусмотрено изучение пневмосистем, для подготовки и сдачи экзаменов, лабораторных и курсовых работ и защите дипломных проектов. Контент может также с успехом использоваться для обучения магистров по направлению подготовки «Технологические машины и оборудование» 151000.62, открывшемуся в СГАУ в 2011 году.

В материале «Расчет и математическое моделирование электрогидравлического следящего привода» [2] изложены основы математического моделирования и расчета электрогидравлического следящего привода с дроссельным регулированием. Рассмотрена методика расчета конструктивных параметров элементов привода. Описана последовательность определения области устойчивости и динамических характеристик привода с применением программного комплекса MATLAB-SIMULINK. Методические указания предназначены для магистрантов дневного отделения СГАУ, обучающихся в рамках магистерской подготовки по направлению «Мехатроника пневмогидравлических агрегатов и систем» 160700.68 «ДЛА».

Электрогидравлические следящие приводы с дроссельным регулированием широко применяются в современных автоматических системах управления летательных аппаратов, роботах, манипуляторах, металлорежущих станках, испытательных машинах и других технических объектах. Поэтому приобретение знаний по проектированию следящих гидроприводов и исследованию их динамических свойств магистрантами по указанной специальности является обязательным.

В курсовой работе магистранты выбирают и рассчитывают параметры электрогидравлического следящего привода, моделируют динамические процессы и оценивают качество управления.

Моделирование динамических процессов осуществляется на персональном ком-

пьютере с применением программного комплекса MATLAB-SIMULINK.

Лабораторный практикум состоит из шести лабораторных работ, охватывающих широкий круг вопросов динамики и управления летательных аппаратов и их систем.

Лабораторная работа (ЛР) №1: Система рулевых приводов жидкостных ракетных двигателей ракеты-носителя «Энергия» [3]. Изложено описание системы рулевых приводов жидкостных ракетных двигателей ракеты-носителя «Энергия». Описаны принципы действия и конструкции основных узлов системы: агрегата гидравлического питания; бака-аккумулятора; турбопривода; гидравлического плунжерного насоса; рулевого привода. Даны основные технические характеристики агрегатов и системы в целом. В конце методических указаний приведены вопросы для контроля полученных знаний.

В лабораторной работе №2 [4] «Теоретическое и экспериментальное исследование статических характеристик регулятора и возможных автоколебаний в нелинейной САР давления газа» рассмотрена конструктивная схема и принцип действия регулятора давления газа, применяемого в пневмогидравлических системах жидкостных ракетных двигательных и других энергетических установок. Изложена методика расчета статических характеристик регулятора давления газа, описана лабораторная установка и последовательность определения экспериментальных статических характеристик.

Даны основы метода гармонического баланса по определению частоты и амплитуды автоколебаний в нелинейной САР давления газа. Описаны лабораторная установка и измерительно-обрабатывающий комплекс для исследования режима автоколебаний в нелинейной САР давления газа.

В лабораторной работе №3 [5] рассмотрены динамические процессы в трубопроводной магистрали стендовой системы ЖРД и технологических установок при резком открытии запорно-регулирующей арматуры. Представлена математическая модель неустановившегося движения жидкостной пробки в трубопроводной магистрали, позволяющая рассчитывать давление, скорость потока жидкости и силу их реакции в изгибах трубопровода. Расчет параметров маги-

страли ведется на ПК в диалоговом режиме. Методика расчета позволяет выбирать параметры трубопроводной магистрали и дроссельных шайб, при которых сила реакции потока жидкости в изгибах трубопроводов не превышает заданную величину.

В лабораторной работе №4 [6] рассмотрены вопросы управления вектором тяги ЖРД ракеты. Показано, что одним из эффективных методов управления траекторией ракеты являются рулевые сопла с гидравлическим приводом. При определенных упрощающих допущениях выведены уравнения рулевого сопла, которые сведены в зависимость для интегрирующего типового звена системы автоматического регулирования. При подключении обратной связи рулевое сопло описывается зависимостью для апериодического типового звена. Даны исходные данные для расчета динамических характеристик рулевого сопла в разомкнутом и замкнутом состояниях. Описано лабораторное оборудование и методика проведения экспериментальных исследований рулевого сопла. Даны контрольные вопросы для проверки знаний магистрантов и студентов по лабораторной работе.

В работе №5 [7] приведены конструктивные схемы и изложен принцип действия датчиков основных параметров энергетических установок. Даны методические указания по проверке характеристик датчиков температуры, давления, частоты вращения, вибраций. Описаны лабораторные установки по экспериментальному определению статических характеристик датчиков и методика их проведения. Приведены вопросы для проверки усвоения материала лабораторной работы.

Лабораторная работа №6 [8] «Моделирование динамических процессов в гидро- и пневмоприводах в ПП Simulink». В методических указаниях даны сведения по программному комплексу Matlab-Simulink, ориентированному на моделирование динамических процессов в пневмогидравлических и других системах. Приведены математические модели гидро- и пневмоприводов, а также порядок исследования их динамических характеристик в ПП Simulink. Изложены вопросы по проверке полученных знаний.

В списке вопросов для текущего контроля и проверки знаний, а также формирования различных компетенций в свете новой образовательной парадигмы сформулированы около 100 вопросов, охватывающих широкий круг знаний, дающих ясное представление о сути дисциплины, ее месте в ряду других дисциплин, необходимых для подготовки как высококвалифицированных специалистов в области гидропневмоавтоматики, так и магистров в области техники и технологии энергомашиностроения.

Таким образом, на факультете двигателей летательных аппаратов СГАУ в 2010 году подготовлен достаточно обширный учебно-методический материал, ориентированный для подготовки специалистов в области гидропневмоавтоматики двигателей и гидро- и пневмосистем технологического оборудования.

Библиографический список

1. Гимадиев, А.Г. Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем [Текст]: конспект лекций / А.Г. Гимадиев, Н.Д. Быстров. - Самар. гос. аэрокосм. ун-т. - Самара: 2010. - 179 с.
2. Быстров, Н.Д. Расчет и математическое моделирование электрогидравлического следящего привода [Текст]: метод. указания для выполнения курсовой работы по курсу «Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем» / Н.Д. Быстров; Самар. гос. аэрокосм. ун-т.- Самара: 2010. - 22 с.
3. Петренко, С.А. Система рулевых приводов жидкостных ракетных двигателей ракеты-носителя «Энергия» [Текст]: метод. указания к лабораторной работе / сост.: С.А.

Петренко, В.Д. Варивода, А.Г. Гимадиев. - Изд. 2-е, перераб. и доп.: Самар. гос. аэрокосм. ун-т.- Самара: 2010. - 30 с.

4. Свербилов, В.Я. Теоретическое и экспериментальное исследование статических характеристик регулятора и возможных автоколебаний в нелинейной САР давления газа [Текст]: метод. указания к лабораторным работам / сост.: В.Я. Свербилов, А.Г. Гимадиев, Г.В. Шестаков: Самар. гос. аэрокосм. ун-т.- Самара: 2010. - 23 с.

5. Гимадиев, А.Г. Динамика трубопроводной магистрали стендовой системы ЖРД и технологических установок [Текст]: Progr. и метод. обеспеч. по изучению динамич. процессов / сост.: А.Г. Гимадиев, М.А. Гимадиев, В.Н. Илюхин. Изд. 2-е, перераб. и доп.: Самар. гос. аэрокосм. ун-т.- Самара: 2010. - 24 с.

6. Гимадиев, А.Г. Теоретическое и экспериментальное исследование динамических характеристик рулевого сопла ЖРД [Текст] / А.Г. Гимадиев, Н.Д. Быстров: Самар. гос. аэрокосм. ун-т.- Самара: 2010. - 15 с.

7. Гимадиев, А.Г. Экспериментальное исследование статических и динамических характеристик датчиков энергетических установок [Текст]: метод. указания к лабораторной работе / А.Г. Гимадиев, Н.Д. Быстров: Самар. гос. аэрокосм. ун-т. - Самара: 2010. - 19 с.

8. Быстров, Н.Д. Моделирование динамических процессов в гидро- и пневмоприводах в ПП Simulink» [Текст]: метод. указания к лабораторной работе / Н.Д. Быстров, А.Г. Гимадиев: Самар. гос. аэрокосм. ун-т. - Самара: 2010. - 29 с.

ON CONTENT OF DISCIPLINE « DYNAMICS AND CONTROL OF HYDRO-AND PNEUMATIC SYSTEMS»

©2011 A. G. Gimadiev, N. D. Bystrov, A. N. Kruchkov

Samara state aerospace university named after academician S. P. Korolyov
(National Research University)

Composed of educational-methodical material on the subject «Dinamika and regulation of hydraulic and pneumatic systems», designed for students majoring 121100 «Hydraulic machines, hydraulic and Hydro, and several other specialties», which include the study of hydraulic and pneumatic systems for the preparation of examinations, laboratory and of course work and the protection of graduation projects. Can also be used for training of masters on direction «Technological machinery and equipment» 151000.62, opened in Samara State Aerospace University in 2011. Consists

of four parts: the lecture notes on the dynamics and management of hydraulic and pneumatic systems, laboratory course, which consists of six labs, the course project on the calculation of the dynamic behavior of an autonomous hydraulic servo steering gear with throttle control and checklists for the current and final control of the degree of assimilation material.

Content, learning discipline, "Dinamika and regulation of hydro- and pneumatic " specialty 121 100 "Hydraulic machines, hydraulic and gidropnevmavtomatika" training area "Technological machinery and equipment" 151000.62, Bachelor, Master.

Информация об авторах

Гимадиев Асгат Гатъятович, доктор технических наук, профессор кафедры автоматических систем энергетических установок, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет). Тел.: (846) 335-19-05. E-mail: iam@ssau.ru. Область научных интересов: коррекция динамических характеристик систем управления и контроля параметров двигателей летательных аппаратов и других энергетических и технологических установок.

Быстров Николай Дмитриевич, доктор технических наук, профессор кафедры автоматических систем энергетических установок, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет). Тел.: (846) 335-19-05. E-mail: iam@ssau.ru. Область научных интересов: коррекция динамических характеристик систем измерения давления при испытаниях ГТД.

Крючков Александр Николаевич, доктор технических наук, профессор кафедры автоматических систем энергетических установок, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет). Тел.: (846) 335-19-05. E-mail: kan@ssau.ru. Область научных интересов: акустика насосных агрегатов и топливных систем энергетических установок.

Gimadiev Asgat Gatjatovich, Doctor of Technical Sciences, the professor, Samara state aerospace university named after academician S. P. Korolyov (National Research University). Phone: (846) 335-19-05. E-mail: iam@ssau.ru. Area of research: correction of dynamic characteristics of systems of measurement of pressure at tests GTD.

Bystrov Nikolay Dmitrievich, Doctor of Technical Sciences, the professor, Samara state aerospace university named after academician S. P. Korolyov (National Research University). Phone: (846) 335-19-05. E-mail: iam@ssau.ru. Area of research: correction of dynamic characteristics of systems of measurement of pressure at tests GTD.

Kruchkov Aleksandr Nikolaevich, Doctor of Technical Sciences, the professor, Samara state aerospace university named after academician S. P. Korolyov (National Research University). Phone: (846) 335-19-05. E-mail: iam@ssau.ru. Area of research: correction of dynamic characteristics of systems of measurement of pressure at tests GTD.