

УДК 378.147.88

ПРОВЕДЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИМИТАЦИОННОГО, ПОЛУНАТУРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Артемьев А.Е.*Уфимский государственный авиационный технический университет, Уфа, e-mail: arsoft@mail.ru*

В статье предлагается способ организации лабораторных работ по разработке систем автоматического управления, на примере лабораторной работы «Моделирование системы автоматического управления курсовым углом биплота с использованием системы модельно-ориентированного проектирования MATLAB/Simulink». Студентам предлагается на практике пройти все основные этапы проектирования системы автоматического управления (САУ): постановка задачи, подробное описание объекта, для которого необходимо разработать САУ; разработка математической модели объекта; разработка САУ в среде имитационного моделирования MATLAB/Simulink; полунатурное моделирование; лабораторные испытания спроектированной САУ; подготовка отчета. Центральной частью лабораторной работы является стенд, в состав которого входят: датчик угла курса, две винтомоторные группы, вычислительное устройство на базе STM32F4Discovery, ЭВМ со средой имитационного моделирования. Конструкция стенда приближенно имитирует поведение биплота по углу рыскания.

Ключевые слова: лабораторная работа, система автоматического управления

LABORATORY WORK ON THE DESIGN OF AUTOMATIC CONTROL SYSTEM, SIMULATION, HIL SIMULATION AND LABORATORY TESTS

Artemiev A.E.*Ufa state aviation technical university, Ufa, e-mail: arsoft@mail.ru*

The article suggests the method of organization of laboratory works on the development of automatic control systems on the example of laboratory work «Simulation of automatic control system for stabilization yaw angle of bicopter using model-based design system MATLAB/Simulink». Students are encouraged to practice to pass all the main stages of design of automatic control system (ACS): statement of the problem, a detailed description of the object for which it is necessary to develop ACS; the develop a mathematical model of the object; the development of ACS in the simulation MATLAB/Simulink; hardware in the loop simulation; laboratory tests of designed ACS; preparation of the report. The central part of the laboratory work is a stand, comprising: a yaw sensor, two propulsion systems, the computing device based on STM32F4Discovery, computers with simulation. The stand structure approximately imitates the dynamic behavior of bicopter on the yaw channel.

Keywords: laboratory work, an automatic control system

Инженерное образование имеет «комплексный, междисциплинарный характер, и ориентировано на овладение не только знаниями и умениями, но и на способность их использовать в профессиональной деятельности» [1, с. 212]. Большую роль в подготовке специалистов в технических вузах играет проведение лабораторных работ. В первую очередь дадим определение понятию лабораторная работа. Лабораторные занятия – лабораторные работы, один из видов самостоятельной практической и исследовательской работы учащихся в средней общеобразовательной, специально и высшей школе с целью углубления, закрепления теоретических знаний, развития навыков самостоятельного экспериментирования [2].

Помимо закрепления теоретических знаний, лабораторная работа – очень важный элемент учебного процесса в вузе, в ходе которого студенты впервые сталкиваются с самостоятельной практической деятельностью по своей специальности. В ходе

выполнения лабораторных работ у учащихся формируются практические навыки работы с оборудованием, программным обеспечением, умение решать практически задачи, которые существенно отличаются от упрощенных теоретических примеров. Очень важно студенту получить именно практический опыт работы т.к. в начале своей профессиональной карьеры отсутствие практического опыта может осложнить адаптацию молодого специалиста, снизить мотивацию, вызвать потерю интереса к профессии. Нужно отметить, что, к сожалению, на сегодняшний день существует разрыв между теми навыками, которые получает студент в вузе и тем, что от него требуется на производстве. Связано это, прежде всего с разрывом взаимосвязи между предприятиями и учебными учреждениями. Зачастую, предприятия находятся в сложных экономических условиях, в условиях сокращения численности, когда студентами просто некому и некогда заниматься, руководство предпри-

ятий думает только о тактических задачах, не понимая важности подготовки будущих специалистов. Прохождение производственной практики происходит достаточно формально, как правило, студенты появляются на предприятии два раза, в начале практики и в конце, для того, чтобы подписать заранее заготовленный формальный отчет. Поэтому важно создавать такие лабораторные работы, которые бы компенсировали бы подобное нарушение связей. Мнение автора статьи по этому поводу заключается в том, что лабораторная работа должна давать хоть и упрощенное, но максимально приближенное представление о реальных этапах разных видов инженерной деятельности, например: проектирование устройств, систем автоматического управления (САУ). Студенты, в большинстве случаев, еще слабо осознают, то чем им предстоит заниматься, окончательное понимание придёт, лишь через несколько лет после начала трудовой деятельности. Правильная организация лабораторной работы, подбор интересного материала позволит мотивировать студентов и получить лучшее представление о своей профессии. Таким образом, нужно отметить, что роль лабораторной работы сегодня только возросла. Она позволяет выполнять комплексную задачу по укреплению и систематизации теоретических знаний; получению практических навыков работы с оборудованием, программным обеспечением, выполнению инженерных работ, формированию правильного представления о своей специальности. Стоит отметить, что в идеале и сам разработчик лабораторной работы должен обладать хорошим опытом работы на предприятиях и иметь хорошее представление об используемых там практических методах работы, или как минимум поддерживать связь с предприятиями и привлекать представителей для разработки.

Важно, чтобы лабораторные работы были основаны на современных технологиях и использовали реальные методы работы, которые применяются на предприятиях. Все большее распространение получают различные электронные виды форм обучения, например, виртуальные лабораторные работы, например [3], однако подобная виртуализация, хотя и имеет свои преимущества, упрощает окружающую действительность и не дает целостного представления об окружающем мире. В связи с этим наблюдается упрощение восприятия реальности студентами, они зачастую не понимают сложности происходящих процессов в технических

устройствах, часто из правильного представления выпадают важные фрагменты, например, студенты могут не понимать, что микроконтроллер необходимо запрограммировать и для этого требуется написать программу на языке программирования, потратив много времени. Студентам зачастую кажется, что микроконтроллер это некая «волшебная» коробочка, которая делает все сама, к сожалению, подобную картину приходится наблюдать уже не у студентов, а на защите дипломов, причем у большинства.

В рамках педагогической практики аспирантов УГАТУ была разработана лабораторная работа – «Моделирование системы автоматического управления курсовым углом бикоптера с использованием системы модельно-ориентированного проектирования MATLAB/Simulink» [4]. Данная лабораторная работа, по мнению автора, отвечает вышеописанным требованиям. Идея лабораторной работы заключается в том, чтобы показать этапы проектирования системы автоматического управления, с применением последних тенденций в области разработки и прототипирования, так как это происходит в конструкторских бюро. Разумеется, лабораторная работа не отражает многих аспектов: бюрократических, организационных, применения нормативной документации, а делает упор на технической стороне. Центральной частью лабораторной работы является реальный стенд, с использованием датчиков микропроцессорных устройств, ЭВМ, и включающий в себя конструкцию, которая напоминает бикоптер, но имеет одну степень свободы – вращение относительно вертикальной оси. С целью повышения заинтересованности студентов данная конструкция сравнивается с вертолетом В12 [5], самым тяжелым и грузоподъемным вертолетом, когда-либо построенным в мире, т.к. принципы компенсации реактивных моментов винтов вертолета В-12 и бикоптера аналогичны (рисунок). Данное сравнение отсылает к опыту советских конструкторов, которым было под силу решать многие сложные технические задачи и создавать прекрасные и невероятные экземпляры техники.

Студентам предлагается на практике пройти все стадии проектирования системы автоматического управления. На первом этапе дается подробное описание объекта, для которого необходимо разработать систему автоматического управления, и функциональное описание стенда.



Вертолет В12 – самый тяжёлый и грузоподъёмный вертолет, когда-либо построенный в мире

Вторым этапом обучающиеся знакомятся с одним из ключевых и сложных моментов в проектировании САУ – разработка математической модели объекта. К сожалению, данный этап часто выпадает в процессе обучения, т.к. как правило, вызывает сложности и требует знание математического аппарата, обычно студенту дается некое готовое математическое описание, таким образом, не формируется представление о способах получения математической модели, создается ощущение, что есть некие готовые формулы, которые чудесным образом, откуда-то появляются. Несмотря на сложности, необходимо студентам напомнить математические основы, чтобы улучшить их понимание данного этапа, т.к. это один из ключевых моментов в построении САУ.

Третьим этапом предлагается использовать современную графическую среду имитационного моделирования MATLAB/Simulink, которая используется практически всеми ведущими предприятиями в России и мире. С помощью данной среды необходимо создать файл модели САУ с применением математической модели из второго этапа, таким образом, студенты получают навык работы с программой и закрепляют теоретические знания, полученные на лекциях. Можно сказать, что этот этап является

виртуальной лабораторией, моделирование происходит на ЭВМ, таким образом можно имитировать поведение таких объектов как самолет, вертолет, атомная станция. Разумеется, имитационное моделирование гораздо безопаснее и дешевле, нежели использование реальных объектов, поэтому оно очень часто применяется на практике.

Четвертым этапом является переход от виртуального мира, к лабораторным испытаниям (полунатурное моделирование), этот этап в проектировании САУ так же очень важен т.к. позволяет выявить множество ошибок в программном и аппаратном обеспечении. На данном этапе система на половину реальна, а на половину имитируется ЭВМ. Так же на данном этапе происходит объяснение процесса автоматической генерации программного кода для вычислителя САУ. Автоматическая генерация кода является одним из важнейших этапов ускоренной разработки САУ и далеко не все ведущие конструкторские бюро (КБ) используют данную методику.

Пятый этап это лабораторные испытания, на которых проводится проверка спроектированной САУ на реальном объекте, студенты, могут вживую увидеть результаты своей работы. В условиях лабораторных испытаний все объекты системы являются

реальными. Кроме реального наблюдения объектов, с помощью MATLAB/Simulink можно наблюдать графики переходных процессов уже в реальной САУ, сравнивать происходящие процессы с теми которые были получены на этапах 3, 4 в условиях виртуальной и полунатурной лаборатории.

Таким образом, в ходе выполнения лабораторной работы у студента должно сформироваться полное и непрерывное представление об этапах и методах разработки САУ с помощью современного программного обеспечения и специального стенда. Т.е. целью ставится создание такого представления, которое исключало бы «провалы» в знаниях и не допускало бы примитивизации представлений о технических устройствах. Можно отметить, что в лабораторной работе используется как виртуальная лаборатория (имитационное моделирование) так и реальные лабораторные испытания, в этом плане они объединены в рамках одной работы, таким образом, устанавливается связь между виртуальным обучением и реальным миром, такая форма обучения должна повысить мотивацию студентов и эффективность лабораторных занятий. Планируется, что описанная лабораторная работа будет использоваться с 2018 года, для специальности системы управления летательными аппаратами (СУЛА) на кафедре информационно-измерительной техники (ИИТ) Уфимского государственного авиационного технического университета (УГАТУ). На базе разработанного стенда возможна разработка ряда лабораторных работ, которые помогут раскрыть многие другие практические аспекты по проектированию САУ, например идентификация объектов, линеаризация и т.д.

Описываемая лабораторная работа разработана на основе опыта автора, работавшего главным конструктором АО «УППО»,

зам. главного конструктора по РЭО «ВР-Технологии». Подобные технологии разработки САУ используются при создании перспективных беспилотных конвертопланов [6] и вертолетов, в настоящее время их разработка в России ведется очень активно.

Основные цели проведения лабораторных работ со студентами – это углубление и закрепление теоретических знаний; выработка практических умений и навыков работы с оборудованием; получение наглядных представлений об изучаемых технологиях; обучение моделированию технологических процессов; умение проводить эксперименты, оценивать полученные результаты и делать грамотные выводы [7]. Выполнение этих условий обеспечивает качественную профессиональную подготовку будущих инженеров.

Список литературы

1. Иванова А.Д., Кунгурцева Г.Ф., Шамсутдинова Д.Ф. Компетентный подход к формированию профессиональной культуры будущих экономистов // Управление экономикой: методы, модели, технологии: Материалы XV международной конференции, В 2 т. Т. 2, / Уфимск. гос. авиацион. техн. ун-т. – Уфа: Уфимск. гос. авиацион. техн. ун-т, 2015. – С. 212–215.
2. Бим-Бад Б.М. Педагогический энциклопедический словарь. – М., 2002. – с. 131.
3. П.А. Бутырин, Т.А. Васьковская, В.В. Каратаев, С.В. Материнкин Автоматизация физических исследований и эксперимента: компьютерные измерения и виртуальные приборы на основе LabVIEW – М.: ДМК Пресс, 2005. – 264 с.
4. MathWorks // Сайт компании MathWorks. URL: <http://www.mathworks.com/> (дата обращения: 20.11.17).
5. Ми-12 // Материал из Википедии – свободной энциклопедии URL: ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B8-12 (дата обращения: 20.11.17)
6. Холдинг «Вертолеты России» представит экспериментальный образец модернизированного беспилотника-конвертоплана // Сайт видеохостинга URL: <https://www.youtube.com/watch?v=BIEJK6xNbzs> (дата обращения: 20.11.17).
7. Педагогическая практика аспирантов: практикум по дисциплине «Педагогическая практика» / Уфимск. гос. авиацион. техн. ун-т; сост.: А.Д. Иванова. – Уфа: РИК УГАТУ, 2017. – 84 с.