

ИННОВАЦИОННАЯ ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ ПО РАКЕТНЫМ ДВИГАТЕЛЯМ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО КЛАСТЕРА САМАРСКОГО РЕГИОНА

В.С. Егорычев, В.Н. Матвеев, С.А. Шустов

*Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева*

Развитие аэрокосмического кластера Самарского региона, как на внутрироссийском, так и на международных рынках, в значительной степени зависит от конкурентоспособности его продукции – ракет-носителей легкого и среднего класса, разгонных блоков, космических аппаратов научного, гражданского и специального назначения. Ключевую роль в конкурентоспособности этой продукции ракетно-космического назначения играют ракетные двигатели, которые являются, с одной стороны, важнейшим элементом ракет-носителей и космических аппаратов, а с другой – одним из самых сложных видов современных технических систем. Необходимость модификации существующих и создания новых маршевых ракетных двигателей для ракет-носителей, а также создания двигательных установок разгонных блоков и космических аппаратов приводит к необходимости решения все более сложных проблем. Это связано с необходимостью обеспечения таких противоречивых требований, как огромное энерговыделение в сочетании с высокой надежностью и жесткими ограничениями на габаритно-массовые характеристики ракетных двигателей. При этом решение всё более сложных проблем требуется за всё более короткое время и с меньшими затратами, что возможно лишь за счет использования инновационных технологий на всех стадиях жизненного цикла ракетных двигателей – от проектирования до производства.

Сложившаяся ситуация приводит к необходимости инновационного подхода к подготовке специалистов по ракетным двигателям в течение всего срока обучения – с первого семестра по дипломное проектирование в одиннадцатом семестре. Ниже излагаются результаты такого инновационного подхода к подготов-

ке кадров в институте двигателей и энергетических установок (ИДЭУ) Самарского университета.

Инновационные аспекты общенаучной физико-математической и информационной подготовки на младших (с первого по пятый семестр) курсах заключаются в следующем. При изучении дисциплины «Инженерная компьютерная графика» используется оригинальная методика формирования пространственного мышления на основе компьютерного 3D-моделирования, которое поддерживается отечественным программным комплексом АДЕМ (авторы методики – доцент В.И. Иващенко и профессор Л.И. Чемпинский). В рамках учебной информационной практикой после первого курса студенты на примере программного комплекса MS Office осваивают основы интеграции различных способов представления данных. Это позволяет изучение традиционных курсов высшей математики, физики, химии с первого по четвертый семестр завершить такими дисциплинами, как «САЕ-системы в механике деформированного твердого тела» и «САЕ-системы в механике жидкости и газов».

Инновационные аспекты изучения специальных дисциплин с пятого по десятый семестр связаны, в основном, с подготовкой и проведением сквозного компьютерного курсового проектирования и научной работой студентов. В сквозном компьютерном курсовом проектировании принимают участие три базовые кафедры ИДЭУ Самарского университета: кафедра теории двигателей летательных аппаратов (ТДЛА), являющаяся выпускающей кафедрой; кафедра конструкции и проектирования двигателей летательных аппаратов (КиПДЛА) и кафедра технологии производства двигателей (ТПД).

Первая курсовая работа в рамках сквозного курсового компьютерного проектирования «Термодинамический расчёт и проектирование камер жидкостных ракетных двигателей (ЖРД)» проводится в шестом семестре с помощью специализированного программного комплекса (СПК) TERRA по учебной дисциплине «Теория, расчёт и проектирование ракетных двигателей». Для качественного выполнения курсовой работы доцентом В.С. Егорычевым разработана инновационная методика, реализованная в учебном пособии «Термодинамический расчёт и проектирование камер ЖРД с СПК TERRA», где изложена методика термодинамического расчёта и проектирования камер ЖРД с использованием специали-

зированной программного комплекса TERRA. СПК TERRA предназначен для расчета произвольных термодинамических систем с химическими и фазовыми превращениями. Он позволяет моделировать предельно равновесные состояния рабочего тела ЖРД и реализует метод и алгоритм, разработанный в Московском государственном техническом университете им. Н.Э. Баумана.

Выбор системы подачи топлива, схемы двигателя и основных его режимных и конструктивных параметров осуществляется по сформированным студентами и формализованным или эвристическим целевым функциям. Эта инновационная технология проектирования позволяет определять для заданного технического задания (ТЗ) на курсовую работу оптимальные параметры, схемы и конструктивные решения, т.е. правильно и обоснованно принимать проектные решения и решать творческие инженерные задачи. Завершается курсовая работа профилированием внутреннего теоретического контура камеры и его построением.

В седьмом семестре студенты продолжают изучение дисциплины «Теория, расчёт и проектирование ракетных двигателей» и выполняют вторую курсовую работу «Расчёт и проектирование смесеобразования в жидкостном ракетном двигателе». При этом осуществляется проектирование смесительной головки камеры, гидродинамический расчёт и формирование топливных форсунок для ЖРД, проектирование которого было начато студентами в шестом семестре. В данной курсовой работе инновационным является проведение поверочного расчета и численного эксперимента по параметрическому исследованию спроектированной форсунки в системе автоматизированного проектирования «Смесеобразование в ЖРД» или с использованием CAE- системы ANSYS CFX.

В этом же семестре по учебной дисциплине «Теория и расчёт лопаточных машин» на основе проектного решения, полученного в вышеуказанных курсовых работах, студенты выполняют курсовую работу по проектированию системы турбонасосной системы подачи топлива ЖРД. При проектировании насосов горючего и окислителя, а также турбины турбонасосного агрегата используются инновационные методики формирования проточной части лопаточных машин на основе CAE-систем, разработанные в Научно-образовательном центре газодинамических исследований Самарского университета под руководством профессора В.Н. Матвеева.

В восьмом семестре при изучении дисциплины «CALS/PLM-технологии в ракетном двигателестроении» в процессе выполнения курсовой работы студенты осваивают современные инновационные технологии улучшения проектных решений на основе использования численных моделей реального ЖРД, а также методы коллективной работы над проектами на основе PDM-технологии (Product Data Management – управление данных о продукции). При численном моделировании реального ЖРД используются современные научные достижения в области термодинамических процессов ракетных двигателей, полученные в ведущих научных центрах ракетного двигателестроения, в том числе в Научно-исследовательском центре космической энергетики Самарского университета. Инновационная методика данной курсовой работы изложена в методическом пособии «CALS/PLM-технологии в ракетном двигателестроении» (авторы доцент М.Е. Проданов и доцент С.А. Шустов).

Результаты, полученные в процессе выполнения курсовой работы по дисциплине CALS/PLM-технологии в ракетном двигателестроении», занесенные в личный электронный архив с использованием PDM-системы TeamCenter, используются в восьмом и девятом семестрах при выполнении курсовых проектов на кафедре КиПДЛА по дисциплинам «Конструирование турбонасосных агрегатов» и «Конструкция и проектирование ракетных двигателей». В этих курсовых проектах формируется конструкция камеры и турбонасосного агрегата проектируемого ЖРД, разрабатывается компоновочная схема ЖРД. Проекты указанных узлов и компоновка ЖРД выполняются студентами в формате 3D-моделей с помощью графических редакторов Компас отечественной компании Аскон, а также Solid Edge, Solid Works и NX зарубежных компаний. На основе 3D-модели студенты получают сборочный чертёж камеры в продольном разрезе и рабочие чертежи требуемых деталей. Полученные в предыдущих курсовых проектах CAE/CAD-модели ЖРД в десятом семестре используются в курсовом проекте на кафедре технологий производства двигателей для разработки инновационных технологий изготовления и сборки деталей, агрегатов и узлов проектируемого ЖРД, включая применение САМ-технологий для станков с ЧПУ, аддитивных технологий и контрольно-измерительных машин.

Заключительный этап подготовки специалистов по ракетным двигателям, который проходит в одиннадцатом семестре, связан с преддипломной практикой и дипломным проектированием. Основанием для выполнения этого этапа является техническое задание на выпускную квалификационную работу (ВКР). Темы для ВКР согласуются с базовыми предприятиями аэрокосмического кластера Самарского региона и связаны с наиболее актуальными проблемами создания и эксплуатации ракетных двигателей и двигательных установок. В соответствии с темой ВКР студент проходит преддипломную практику на одном из базовых предприятий ракетно-космической отрасли. В настоящее время такими предприятиями являются ПАО КУЗНЕЦОВ» (г. Самара), АО «РКЦ «Прогресс» (г. Самара), КБ ХИММАШ имени А.М. Исаева (филиал ФГУП «ГКНПЦ имени М.В. Хруничева», г. Королев), Приволжский филиал АО «НПО Энергомаш имени академика В.П. Глушко» (г. Самара), ФГУП НИИМАШ (г. Нижняя Салда). В процессе преддипломной практики на базовых предприятиях студенты изучают инновационные методы проектирования и производства ракетных двигателей, с тем, чтобы полученные знания использовать при выполнении ВКР. Следует отметить, что многие студенты на базовых предприятиях при прохождении преддипломной практики работают в должности техника либо инженера.

Необходимость решать в процессе дипломного проектирования сложные реальные проблемы по заданиям предприятий аэрокосмического кластера Самарского региона привела к целесообразности группового дипломного проектирования. Технология такого проектирования была отработана применительно к проекту модернизации маршевого ЖРД НК-33 по техническому заданию ПАО «Кузнецов». При групповом проектировании исходное техническое задание на решение комплексной проблемы разбивается на частные технические задания, взаимосвязанные между собой. Каждый дипломник получает такое частное задание как тема для выпускной квалификационной работы. Взаимосвязь проектных решений, полученных в процессе реализации частных технических заданий, обеспечивает один из наиболее подготовленных дипломников, которому поручаются функции Главного конструктора.

Изложенная инновационная методика обеспечивает подготовку специалистов по ракетным двигателям, способных внести свой вклад в развитие аэрокосмического кластера Самарского региона.

Библиографический список

1. Егорычев В.С. Термодинамический расчет и проектирование камер ЖРД с СПК ТЕРРА: учебное пособие / В.С. Егорычев. Самара : Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2013. 107 с.

2. Безменова Н.В., Проданов М.Е., Шустов С.А. Опыт использования CALS/PLM-технологии на примере изучения дисциплины «Автоматизированное проектирование ракетных двигателей» // Проблемы и перспективы развития двигателестроения: материалы докладов междунар. научно-техн. конф. 25- 27 июня 2014 г. Самара: СГАУ, 2014. С . 57-59.

3. Матвеев В.Н. Дорошин А.В. Модернизация образовательной деятельности в национальном исследовательском аэрокосмическом университете // Современное образование: содержание, технологии, качество: тезисы докладов XX Международной научно-методической конференции, 2014. Санкт-Петербург: СПбГЭТУ, 2014. С.15-16.

4. Матвеев В.Н., Шаблий Л.С., Кривцов А.В. и др. Методика моделирования рабочего процесса двухступенчатого насоса с гидроприводом первой ступени// Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. 2016. Т 15. №4. С. 102 – 113.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНО-ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБУЧЕНИЯ

Н.М. Мельник

Самарский государственный технический университет

В настоящее время ключевыми факторами, определяющими конкурентоспособность национальных экономик и эффективность национальных стратегий безопасности, является первенство в исследованиях и разработках, высокий темп освоения но-