

оборудования - центрифуга, сушильный шкаф, сито и др.

Ориентировочная доля микрошариков требуемых фракций 0,03-0,05 мм составляет 25-40% по массе исходного вещества (рис. 2). Такие микрошарики представляют собой сплошную структуру, без пор и иных включений аморфного типа.

Таким образом, проведенная работа по исследованию шлама ЭЭО представляет собой первый этап на пути промышленного применения отходов электроэрозионной обработки.

Дальнейшие исследования шлама, очищенного металлического порошка и режимов селективного лазерного сплавления позволят выявить и устранить недостатки разработанной технологии очистки, разработать схему промышленного перерабатывающего центра отходов ЭЭО.

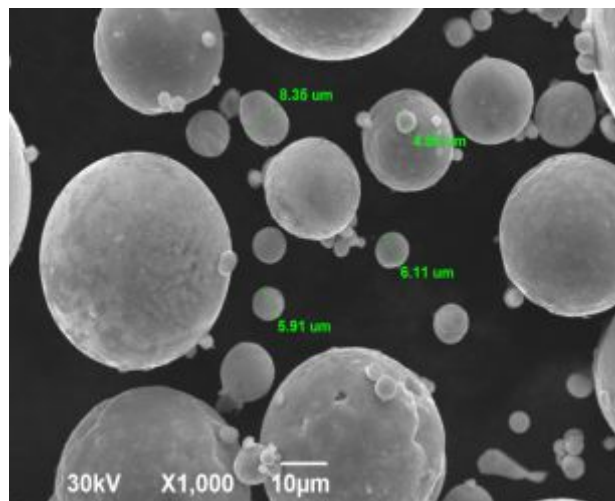


Рис. 2. Порошок сплава ВЖЛ после очистки

Также возможно создание технологии производства порошков для аддитивных технологий путём непосредственной электроэрозионной обработки.

УДК 62-762.001

## ОПЫТ СОТРУДНИЧЕСТВА УНИВЕРСИТЕТА И ОКБ ПРИ КУРСОВОМ И ДИПЛОМНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ

©2016 А.И. Ермаков, С.В. Фалалеев, Н.И. Старцев

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П.Королева

### THE COOPERATION EXPERIENCE BETWEEN THE UNIVERSITY AND ENTERPRISE DURING COURSE AND GRADUATION WORK PROJECTS

Ermakov A.I., Falaleev S.V., Starzev N.I. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

*The work shows the experience of cooperation between university and design office. Students get an employment in the design department, where they got a job for graduation project and an advisor. The diploma management is performed by teachers from the department. The defense of projects is take place in front of the committee held before the commission. The committee is consisted of teachers and designers.*

Ситуация с нехваткой кадров в промышленной сфере современной России, после того как произошел разрыв в линейке смены поколений, не нова. Проявилась она и в ОКБ ОАО «Кузнецов» - срочно нужна была группа конструкторов.

После ряда встреч группы педагогов с Генеральным конструктором было определено направление сотрудничества по ускорению адаптации студентов к конструкторской деятельности – было решено провести курсовое проектирование по базовой дисциплине «Конструкция и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок» по заданиям и при участии ведущих

конструкторов ОКБ. И сразу возникли трудности в организации работ. По предложению руководства ОКБ можно было распределить студентов (а их было 26!) по конструкторским отделам, где им предлагалась тема и консультант. Так, студент в отделе турбины получал задание по проектированию варианта турбины, представляющего интерес для ОКБ. Однако при этом усложнялась процедура руководства и контроля со стороны педагогов кафедры, терялась управляемость процессом обучения.

Кафедрой была предложена «идея единого объекта», когда студенты двух групп выполняют проект двигателя для пассажир-

ского самолёта по заданию ОКБ, и когда каждый студент в составе группы выполняет проект 1-2 модулей, неся ответственность и за весь двигатель. Это предложение основывалось на 30-летнем опыте кафедры по сквозному групповому курсовому проектированию, оно и было принято. Вторая трудность – место работы студентов. По замыслу руководства ОКБ студенты должны были выполнять курсовой проект в конструкторских коллективах, в которых будущие специалисты должны работать. Для этого нужны были рабочие места, оснащённые компьютерами. Однако необходимого количества рабочих мест в ОКБ не нашлось. И тогда была предложена такая схема: студенты выполняют курсовой проект в дисплейном классе кафедры и раз в неделю приезжают на завод для консультаций у специалистов ОКБ.

Также в 10 семестре студенты групп 2504 и 2505 были переведены на индивидуальный график и ряд предметов учебного плана были заменены на работы по выполнению проекта авиационного двигателя ТРДД тягой 350 кН для пассажирского самолёта в рамках интересов ОКБ.

Документ подписали ректор университета Шахматов Е.В. и управляющий директор ОАО «Кузнецов» Якушин Н.И. Студенты по собственным заявлениям стали конструкторами ОКБ.

Разработка заданий для группы и индивидуальных заданий - это отдельная методическая задача. Был использован опыт группового проектирования «пятой» группы, в рабочей программе которой предусматривается выполнение сквозного группового курсового проекта.

Все студенты были разделены на 4 группы по 6-7 человек и каждая группа получила задание на выполнение своего варианта ТРДД тягой 350кН.

Итак, проект двигателя выполнялся в 4-х вариантах: А, Б, В и Г. Варианты А и Б определяли проектирование трёхвального ТРДД, а варианты В и Г – двухвального ТРДД с редукторным приводом вентилятора. По каждому варианту назначался двигатель – прототип.

Чтобы исключить неопределённость при разбиении проекта двигателя на варианты, в техническом задании был кратко про-

писан облик каждого варианта, который должен был служить ориентиром в поиске конструктивных решений.

В качестве примера даётся описание облика варианта Г: «Вентилятор исходный, роторы компрессоров сварные, соединение лопаток с диском типа blisk, размещение опор ротора НД по типу PW1000G, опора турбины ВД – межвальный подшипник в задней опоре, редуктор с шевронной передачей и подшипниками скольжения в сателлитах, центральный привод выводится на внешнюю стенку»

В таком же порядке для каждого варианта двигателя прописывался облик каждого из узлов двигателя: вентилятора, редуктора, компрессора СД, средней опоры, компрессора ВД, камеры сгорания, турбины ВД, опоры турбины, турбина НД, задней опоры, реверсивного устройства, оболочек II контура, подвески двигателя на самолёте. Каждый студент группы получал два задания – групповое и индивидуальное.

Работа над проектом продолжалась 3,5 месяца: начало 02.03.2015 и защита 16 и 17 июня 2015г. Группа из пяти студентов весь февраль 2015г. выполняла термодинамическое проектирование двигателя и газодинамическое проектирование узлов и формирования проточную часть вариантов двигателя. Рабочий день начинался в 9-00 и заканчивался в 17-00. Отметим, что работа студентов в одном классе стала преимуществом: после утренней консультации четырёх педагогов кафедры в классе оставался один, который обеспечивал консультирование и порядок в течение всего рабочего дня.

Защита курсового проекта проходила в ОКБ перед комиссией ведущих специалистов ОКБ во главе с заместителем Генерального конструктора, с представлением утверждённой пояснительной записки, презентации и продольного разреза двигателя в масштабе М1:1.

Что удалось, а что не удалось сделать? Удалось вызвать дискуссию по размещению опор в турбине и конструктивному исполнению этих опор. Было заметно, что с некоторыми решениями, реализованными в ТРДД GE90, GE9x и CP7200, оппоненты просто незнакомы.

Интерес вызвали исполнение и расчёт редуктора с передачей мощности 70000 л.с. и диаметром ходовой части более одного метра, выполненного в двух вариантах зацеплений: с прямым и с шевронным.

Обсуждался вентилятор с широкохордной лопаткой и диском с тремя ступицами и вывод привода агрегатов с наклонной рессорой по типу RB211 и «Трент».

Не удалось: показать размещение агрегатов на компрессоре ВД внутри оболочек II контура – студенты не справились с этим заданием; сделать конкретные предложения по управлению радиальными зазорами и в турбине и в компрессоре; профилировать рабочие и сопловые лопатки турбины по универ-

ситетской методике (были задействованы заводские программы).

Второй этап сотрудничества университета и ОКБ по подготовке специалистов реализовался в дипломном проектировании и не вызвал организационных затруднений: студенты уже имели рабочие места в конструкторских отделах ОКБ, где получили задание на дипломный проект и консультанта. Руководство дипломным проектированием осуществляли педагоги кафедры. Защиты проходили перед членами ГАК в стенах университета.

Учитывая положительный опыт, совместно было принято решение повторить выполнение курсовых проектов по заданию ОКБ.

УДК 62-762.001

## **СКВОЗНОЙ ГРУППОВОЙ КУРСОВОЙ ПРОЕКТ КАК ОСНОВА ПРЕДМЕТНОЙ ИНТЕГРАЦИИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ИНЖЕНЕРОВ-КОНСТРУКТОРОВ**

©2016 А.И. Ермаков, С.В. Фалалеев, Н.И. Старцев

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П.Королева

### **THE THROUGH GROUP COURSE PROJECT AS A BASIS FOR THE SUBJECT INTEGRATION IN A PROCESS OF DESIGN ENGINEER TRAINING**

Ermakov A.I., Falaleev S.V., Starzev N.I. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

*Here presents the experience of training during the design course on the department. In the 6th half-year receive a group task and an advisor. Projects are submitted by the commission, which is consisted of teachers and engineers.*

Идея концентрирования учебных программ по профилирующим предметам на создание конечного продукта – проекта объекта не нова. Но реально подойти к выполнению этой задачи не удавалось. Не удавалось потому, очевидно, что не было в этом крайней нужды.

Однако необходимость поиска новых подходов к обучению студентов пришла неожиданно в 1983 году при реализации Российской федеральной программы «Целевая интенсивная подготовка студентов» (программа ЦИПС), которая предусматривала в нескольких авиационных вузах выпуск инженеров с повышенным уровнем подготовки.

Первым шагом, сделанным на кафедре конструкции и проектирования двигателей

летательных аппаратов (КиПДЛА) Самарского государственного аэрокосмического университета, было введение группового курсового проектирования авиационного газотурбинного двигателя (ГТД).

Известно, что при обучении по обычной схеме студент успевает за семестр сделать проект только одного модуля (узла) двигателя. Обычно это компрессор или турбина двигателя с представлением самого двигателя в виде конструктивной схемы. А проектирование всего двигателя переносится на последний этап обучения – на дипломное проектирование.

Скажем прямо, при 4-5 месячной продолжительности дипломного проектирования создание проекта двигателя одним студентом-дипломником возможно или при