

УДК 629.7.023+004.85

**МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОМУ  
ТОПОЛОГИЧЕСКОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ КОНСТРУКЦИЙ  
НА ОСНОВЕ МОДЕЛЕЙ ПЕРЕМЕННОЙ ПЛОТНОСТИ**

Павельчук М. В., Болдырев А. В.

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

Процесс отыскания рациональной силовой схемы авиационных конструкций (ССК) с применением метода конечных элементов (МКЭ) называется топологической оптимизацией. В [1] введён гипотетический изотропный материал переменной плотности и предложена стратегия проектирования ССК с использованием континуальной модели. В [2] предлагается развитие методики проектирования ССК, в которой выполняется поэтапное замещение элементов гипотетического материала в континуальной конечно-элементной модели (КЭМ) силовыми элементами, реализующими принятые решения по ССК. Этот подход может эффективно использоваться при проектировании пространственных авиационных конструкций. Например, в [2] рассматривается проектирование треугольного крыла малого удлинения. Целью настоящего исследования является разработка методики обучения автоматизированному топологическому проектированию произвольных пространственных тонкостенных авиационных конструкций на основе моделей тела переменной плотности.

Предлагается методика обучения структурному проектированию ССК с применением компетентностного и онтологического подходов к обучению. Формализация методики обучения выполнена на основе процессного подхода. Разработана компетентностная модель обучения, формализованная на основе метода интеллект-карт. Методика декомпозирована на ряд процессов обучения, в каждом из которых учитываются конкретные компетенции, включающие цель, методы, средства и организационные формы обучения. Обучение осуществляется в среде CAD/CAE/PLM-систем с применением специального научного прикладного программного обеспечения (ППО). Ключевыми результатами обучения компетенциям методики проектирования [2] являются освоение навыков разработки геометрических и КЭМ разного уровня с выполнением оптимизации, анализа распределения материала и усилий в теоретически оптимальной конструкции (ТОК) [1] и оценки весовой эффективности ССК. Обучение строится на сочетании методов проектирования [3], творческой педагогики [4], активных [5] и интерактивных методов [6] обучения и средств обучения в виде учебно-научного виртуального предприятия (УНВП) [7]. Особенностью разработанных в методике процессов обучения является сочетание теоретического обучения с изучением терминологии и процессов проектирования ССК [8] и практического обучения разработки КЭМ с использованием структурной и параметрической оптимизации конструкций, а также усовершенствования структуры ССК с работой в среде УНВП. Для обучения понятиям предметной области разработан информационный тезаурус с использованием онтологического редактора Protégé, который представляет собой словарь терминов для создания на этапе концептуального моделирования единой проектно-технологической терминологии в САПР, содержащий атрибуты отдельных объектов проектирования с указанием численных значений и предназначенный для проектирования силовых схем авиационных конструкций. Для обучения в среде УНВП разработана структура папок в PLM-системе Windchill со специально подобранным методическим обеспечением, вариантами проектных задач и

набором специального ППО. Эта структура имитирует работу в едином информационном пространстве производственного предприятия авиационной отрасли и предназначена для обучения автоматизированному проектированию ССК. Критерием весового совершенства проектируемых конструкций у обучающихся является силовой фактор [9], который характеризует величину и протяжённость действия внутренних усилий в конструкции. Для формирования личностных качеств обучающихся, таких как инженерная интуиция и творческие способности при отыскании рациональной ССК, используются эвристические методы.

Таким образом, в результате исследования разработана методика обучения автоматизированному проектированию ССК на основе пространственных моделей тела переменной плотности с применением методов моделирования производственных процессов и ситуаций и кейс-метода; средств обучения в виде УНВП с использованием CAD/CAE/.../PLM-систем; инновационных форм обучения – деловой игры и компьютерного учебного курса.

#### Библиографический список

1. Комаров В. А. Проектирование силовых схем авиационных конструкций // Актуальные проблемы авиационной науки и техники. – М.: Машиностроение, 1984. – С. 114-129.
2. Болдырев А. В., Павельчук М. В. Развитие методики проектирования силовых схем авиационных конструкций с использованием модели тела переменной плотности // Известия Самарского научного центра РАН. – 2013. – Т. 15. № 6(3). – С. 603-606.
3. Джонс Дж. К. Методы проектирования: монография. Пер. с англ. 2-е изд., доп. – М.: Мир, 1986. – 326 с.
4. Хуторской А. В. 35 методов творческого обучения. [Электронный ресурс]. Версия 1.0. – М.: Центр дистанционного образования «Эйдос», 2006. – 304 Кб.
5. Зарукина Е. В., Логинова Н. А., Новик М. М. Активные методы обучения: рекомендации по разработке и применению: учеб.-методич. пособие. – СПб.: СПбГИЭУ, 2010. – 59 с.
6. Безматерных Т.А. Управление внедрением в учебный процесс инновационных методов, форм и средств обучения (методические рекомендации). – Ростов-на-Дону, 2014. – 132 с.
7. Болдырев А. В., Павельчук М. В. Проектирование силовых конструкций в среде учебно-научного виртуального предприятия // Актуальные вопросы технических наук в современных условиях: сб. научн. трудов II Междунар. науч.-практич. конф. – СПб.: ИЦРОН, 2015. – С. 212-215.
8. Болдырев А. В., Павельчук М. В. Формализация проектирования силовых схем авиационных конструкций на основе процессного подхода // Автоматизация. Современные технологии. – 2015. – № 5. – С. 37-39.
9. Комаров В. А. Весовой анализ авиационных конструкций: теоретические основы // Общероссийский научно-технический журнал “Полёт”. – 2000. – №1. – С. 31-39.