

КОНЦЕПТУАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ НА БАЗЕ ЦИФРОВОЙ ПЛАТФОРМЫ CML-BENCH®

Орлов И.Д.¹, Карзунов М.Д.¹, Гордеев А.А.¹, Усов Д.В.¹, Шенгальс А.А.¹, Себелев А.А.¹,
¹ФГАОУ ВО «СПБПУ», г. Санкт – Петербург, orlov_id@spbstu.ru

Ключевые слова: проектирование газотурбинных двигателей, цифровая платформа, профилирование лопаток турбомашин.

Проектирование газотурбинных двигателей является трудоемким процессом, требующим высокой адекватности задействованных математических моделей и объединения большого количества расчетов. На стадии выбора основных параметров газотурбинного двигателя формируется до 80% совокупных расходов всего жизненного цикла двигателя. Принимаемые на этой стадии проектирования турбомашин решения имеют определяющее влияние на стоимость, соответствие требованиям и конкурентоспособность всего проектируемого двигателя [1].

Внедрение информационных систем SPDM класса в процесс разработки газотурбинных двигателей открывает возможности существенного повышения качества совместной работы различных отделов предприятия [2]. Однако, это требует глубокой интеграции в платформу различных программных пакетов поверочного и проектировочного назначения, что не всегда представляется возможным. Целью данной работы является создание интегрированного модуля концептуального проектирования на платформе разработки и применения цифровых двойников CML-Bench® в обеспечение прослеживаемости конструкторских решений на этапе проектирования двигателя, связей с результатами термодинамических расчетов и матрицей требований, целевых показателей и ресурсных ограничений, связей с компьютерными моделями более высокого уровня (3D).

Логика модуля концептуального проектирования реализована следующим образом: результаты расчетов термодинамики обрабатываются и преобразуются в атрибуты объекта класса двигателя – «Engine», выполняющего функцию хранения и передачи всех необходимых для проектирования параметров. После обработки данных термодинамики модуль при помощи блоков внутренних решателей производит расчеты на среднем диаметре и профилирование для турбомашин, а также предварительный расчет облика камеры сгорания. По итогам всех проведенных расчетов объект класса двигателя заполняется газодинамическими и геометрическими параметрами.

Объект класса двигателя, играющий основную роль в проектировочном расчете, состоит из объектов класса «Connector», «Turbomachine» и «Combustion Chamber», хранящих, соответственно, информацию о всех переходных каналах, турбомашине и камере сгорания ГТД. Каждый объект класса «Turbomachine», в свою очередь, состоит из объектов класса ступени, «Stage», включающих в себя объекты классов лопатки, «Blade», и поперечного сечения, «Cross-Section». Схема структуры класса «Engine» и потоки данных внутри модуля проектирования подробно представлены на рис. 1.

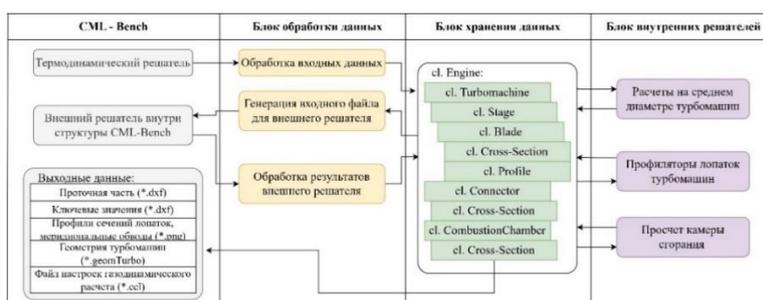


Рисунок 1 – Схема структуры класса «Engine» и потоки данных внутри модуля концептуального проектирования цифровой платформы CML-Bench®

В результате работы модуль создает файлы следующих форматов: «.dxf» – для возможности отображения результатов в САД программах, «.geomturbo» – для интеграции результатов проектирования в ПО для генерации сеточных моделей, «.png» – профили сечений лопаток и меридиональные обводы для отображения, «.csl» – файл настроек газодинамического расчета для 3D CFD анализа и ключевые параметры в формате «.csv». Форматы файлов, полученные в результате работы модуля, были выбраны с целью интеграции результатов с наиболее распространенными САЕ – пакетами.

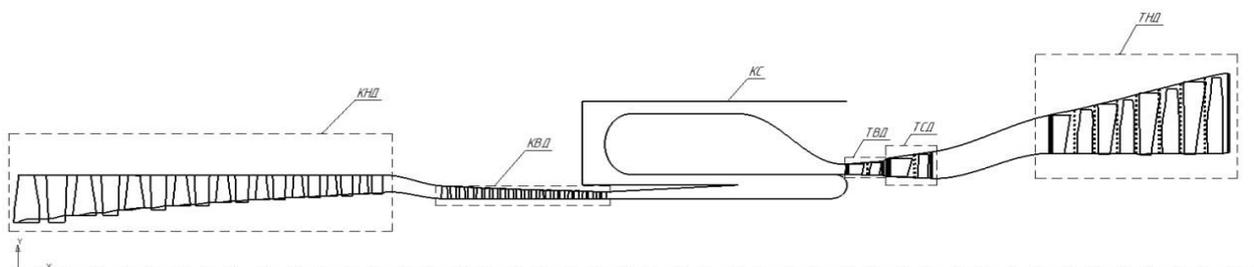


Рисунок 2 - Результат проектирования газотурбинного двигателя в результате работы модуля

Одной из важных особенностей модуля концептуального проектирования является возможность сразу готовить параметрические модели для дальнейшей оптимизации. В ходе дальнейшей разработки функционал модуля будет расширен в части добавления новых блоков решателей (расчет радиальных турбомашин, расчет других типов камер сгорания), реализации модели оценки себестоимости двигателя и стоимости его жизненного цикла.

Список литературы

1. Иноземцев А.А., Сандрацкий В.Л. Газотурбинные двигатели. ОАО «Авиадвигатель». Пермь, 2006. 404 с.
2. Чупин П.В., Зеленков Ю.А., Шмотин Ю.Н. Виртуальная среда проектирования [Электронный ресурс]. 2014. URL: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.uec-saturn.ru/upload/news/old/1286869517_Virtualnaya_sreda_proektirovaniya.pdf (Дата обращения 18.05.2023).

Сведения об авторах

Орлов И.Д., младший научный сотрудник, ПИШ Центр НТИ СПбПУ. Область научных интересов: газовая динамика, проектирование газотурбинных двигателей, турбомашин.

Карзунов М.Д., инженер, Центр НТИ СПбПУ. Область научных интересов: ракетно-космическая техника, математическое моделирование.

Гордеев А.А., инженер, Центр НТИ СПбПУ. Область научных интересов: газовая динамика, повышение эффективности компрессоров.

Усов Д.В. инженер, ПИШ СПбПУ. Область научных интересов: проектирование ГТД.

Шенгальс А.А., ведущий инженер, ПИШ СПбПУ. Область научных интересов: атомное и общее машиностроение.

Себелев А.А., к.т.н., начальник отдела перспективных разработок в двигателестроении, ПИШ СПбПУ. Область научных интересов: газовая динамика, теплообмен в газотурбинных двигателях.

CONCEPT DESIGN OF A GAS TURBINE ENGINE DEVELOPED ON THE DIGITAL PLATFORM CML-BENCH®

Orlov I.D.¹, Karzunov M.D. ¹, Gordeev A.A. ¹, Usov D.V. ¹, Shengals A.A. ¹, Sebelev A.A. ¹

¹Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University, Saint-Petersburg, Russia,
orlov_id@spbstu.ru

Keywords: Gas turbine engine design, digital platform, turbomachine blades profiling.

The aim of this work is to create a conceptual GTE - design module based on digital twin platform CML-Bench® to ensure traceability of design decisions, considering thermodynamics results, targets, and resource constraints, linking results to higher level computer models.