

чение его КПД на 1,3% (абс.) при увеличении степени повышения давления на 4%, частоты вращения на 2% и снижении расхода рабочего тела на 8% относительно компрессора базового двигателя.

Аналогично, но с другими постановками, были решены задача оптимизации перспективного КНД и КВД газотурбинного двигателя.

УДК 621.452.3

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТУПЕНИ ОСЕВОГО КОМПРЕССОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ

© 2018 О.В. Батури́н, Е.С. Горячки́н, А.А. Волков, Ли Wenyu

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

DESIGNING THE STAGE OF THE AXIAL COMPRESSOR USING MODERN SOFTWARE COMPLEXES

Baturin O.V., Goriachkin E.S., Volkov A.A., Li Wenyu (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

The paper presents a technique for profiling the stage of an axial compressor using modern software. Profiling was performed on the basis of the 1D calculation. After the profiling has been carried out, 3D calculation of the working process of the designed stage.

В настоящее время стандартный цикл проектирования лопаток турбомашин включает следующие этапы: предварительный 1D расчёт основных параметров проектируемой турбомашин, 2D расчёт параметров плоских сечений лопатки, поверочный 3D расчёт рабочего процесса спроектированной ступени в CFD программном комплексе. В случае, если в результате поверочного расчёта параметры спроектированной турбомашин не достигли заданного уровня, форма профилей лопаток корректируется и расчёт повторяется. Последние два шага повторяются до получения требуемого результата, то есть процесс проектирования турбомашин является итеративным. Количество итераций может быть достаточно большим. По этой причине, для получения готовой конструкции за меньшее время, используются различные системы автоматизации. В частности, одной из таких систем является программный комплекс NUMECA AutoBlade, предназначенный для получения 3D геометрических моделей лопаток турбомашин различных типов на основе данных 1D и 2D расчёта.

В представленной работе описана методика проектирования ступени осевого компрессора с использованием программного комплекса NUMECA AutoBlade. Методи-

ка включала этапы построения профилей сечений лопаток, поверочное 3D моделирование и анализ результатов.

1D расчёт проектируемой ступени был проведен исходя из следующих параметров:

- расхода рабочего тела $G = 14,9$ кг/с;
- степень повышения давления в ступени $\pi_K^* = 1,15$;
- КПД $\eta_K^* = 0,906$.

3D модели лопатки рабочего колеса и направляющего аппарата создавались отдельно. Создание модели каждой лопатки выполнялось в следующем порядке. Сначала было определено, что референтные профили лопаток будут строиться в трёх плоских равномерно расположенных по высоте проточной части сечениях (втулочном, среднем и периферийном). Затем были заданы радиусы расположения референтных сечений и определены обводы проточной части проектируемой ступени. На основе известных значений углов входа и выхода потока создавалась средняя линия каждого сечения лопатки. Форма профилей сечений задавалась распределением толщины профиля вдоль средней линии. Полученные в результате профили были проверены на плавность изменения ширины межлопаточного канала. Данные действия выполнялись для каждого сечения лопатки.

После получения 3D моделей лопаток было выполнено поверочное моделирование рабочего процесса разработанной ступени в программном комплексе NUMECA Fine/Turbo. Параметры, полученные в результате 3D моделирования:

- расхода рабочего тела $G = 12,9$ кг/с;
- степень повышения давления в ступени $\pi_K^* = 1,14$;
- КПД $\eta_K^* = 0,892$.

Разница между параметрами ступени компрессора из 1D и 3D расчёта составила 13,8 % по величине расхода G ; 0,86 % по величине степени повышения давления в ступени π_K^* ; 1,6 % по величине КПД η_K^* .

Величина расхода получилась занижена, а остальные параметры значительно не отличаются. Величину расхода можно откорректировать путём уменьшения сечений проточной части. Таким образом, поставленная задача выполнена.

УДК 621.01

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КДАМ В КУРСОВОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПО ТММ

© 2018 Б.Б. Косенок, А.В. Суслин, В.И. Журавёв

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

USE OF KDAM IN COURSE DESIGN ON TMM

Kosenok B.B., Suslin A.V., Guravlev V.I. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

This paper focuses on the application of the method of vector modeling of closed loops in design processes in the course Theory of Mechanisms and Machines (TMM) using the software program "Kinematic and Dynamic Analysis of Mechanisms" (KDAM). This complements the traditional course allowing a deeper level of understanding of the subject without necessarily increasing the number of hours needed to study KDAM. The KDAM software provides a better understanding because it has the ability to quickly change the parameters of a mechanism and analyze the impact on the characteristics of the mechanism of the changes made by the students. Examples of the use of KDAM.

Традиционный курс теории механизмов и машин (ТММ) [1] даёт понимание об основных элементах механизмов структуры механизмов и о том, как рассчитываются параметры кинематики, кинетостатики и динамики механизмов. Использование теории векторного моделирования [2], [3] позволяет дать студентам возможность самостоятельно проводить анализ и синтез механизмов.

На кафедре "Основы конструирования машин" Самарского университета создан пакет программ «Кинематического и динамического анализа механизмов» (KDAM) [4] представляющий собой математическую векторную модель кинематического и динамического поведения механизмов. Для полноценного освоения KDAM используется цикл лабораторных работ, где студенты получают основы моделирования механизмов векторными моделями и различные приемы кинематического и динамического анализа и синтеза механизмов. Немаловажно и то, что КДАМ легко доступен для самостоятельного и домашнего изучения.

Использование векторных моделей при моделировании задач кинематики и динамики механизмов позволяет, во-первых, ещё на этапе эскизного проектирования проводить исследование работы механизма и оптимизацию основных параметров механизма (длин звеньев, углы давления, приведённые нагрузки и массовые характеристики, реакции в шарнирах и т.д.), во-вторых - решать сопутствующие задачи проектирования, и в-третьих, предсказуемость математического аппарата теории векторного моделирования и его воплощение в КДАМ-е позволяет это делать достаточно просто и быстро. Именно это обуславливает возможность и необходимость применения КДАМ-а, как в рамках курсового проекта, так и при проведении лабораторных работ по теории механизмов и машин (ТММ).

На рис. 1 приведены примеры использования векторных моделей в курсовом проектировании.