РАЗРАБОТКА ПЕРСПЕКТИВНОГО КВД ДВИГАТЕЛЯ МАЛОЙ СТЕПЕНИ ДВУХКОНТУРНОСТИ

Д.В. Ворошнин, **А.С. Муравейко**
ООО «НУМЕКА», Санкт-Петербург, d.voroshnin@numeca.ru, a.muraveiko@numeca.ru

Выполнена работа по проектированию, профилированию и оптимизации осевого компрессора. На первых трёх этапах проводилась предварительная одномерная и трёхмерная проработка компрессора, в ход обсуждения результатов работы с Заказчиком, выполнялась корректировка ТЗ. Основную проблему при разработке компрессора составляла его высокая газодинамическая нагруженность, что приводило к крайне негативным прогнозам и начальным результатам по запасам ГДУ. С учетом существенного дефицита запаса ГДУ в первую очередь акцент в поисковых работах делался на возможности обеспечения максимального запаса ГДУ при умеренном значении приведенной скорости на выходе λвых = 0,32...0,33. В дальнейшем в ходе реализации финального варианта второго этапа проводились работы в целях обеспечения приведенной скорости на выходе в соответствии с требованиями ТЗ.

После проработки трёхмерной геометрии (ПО AxCent) с использованием средств вычислительной трёхмерной газодинамики. (ПО NUMECA Fine Turbo) поставлен и решён ряд задач оптимизации, направленный на максимизацию запасов ГДУ, максимизацию КПД и минимизацию закрутки потока на выходе из компрессора с обеспечением требуемого уровня выходной скорости. Самая тяжёлая задача потребовала варьирование 298 параметров, тем не менее, была получена геометрия с существенно бОльшими запасами, чем в рамках ручного профилирования) и удовлетворительным уровнем КПД. Отмечено, что полученная в ходе оптимизации геометрия лопаток претерпела существенные изменения относительно исходных классических форм, что приведёт к сложности или даже невозможности при её изготовлении ввиду прочностных или технологических ограничений (рис. 1).

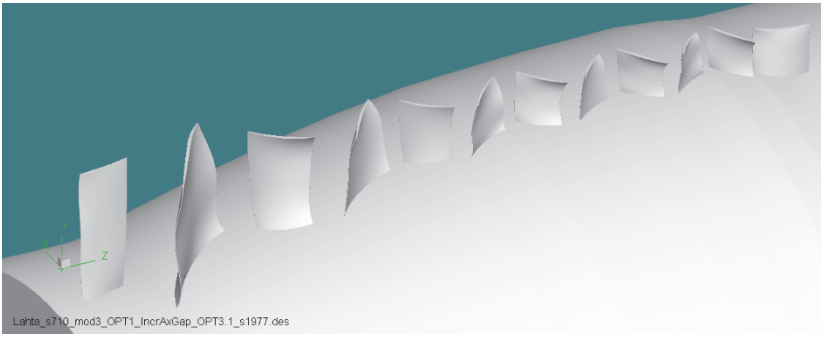

Рис. 1. Трёхмерная модель оптимизированного компрессора в ПО AxCent

В ходе НИР на четвёртом этапе решена задача оптимизации для низкоскоростного пятиступенчатого КВД (λвых < 0.28). В ходе работы получено несколько оптимальных вариантов компрессора, из которых выбран вариант 1977, параметры его представлены в таблице ниже. Запас ГДУ реализованного варианта на примерно 5% превышает линию статистического тренда, сформированного в основном по данным КВД ТРДД(Ф) 4 поколения. Реализованный вариант компрессора обеспечивает требуемые по ТЗ параметры, но отмечается сильная неравномерность параметров по высоте канала на выходе из компрессора. Отмечены риски в реализации компрессора ввиду технологических и прочностных ограничений.

Литература

1. Japikse D., Marscher W.D., Furst R.B. Centrifugal Pumps Design and Performance
2. C. Hirsch, Numerical Computation of Internal & External Flows: the Fundamentals of Computational Fluid Dynamics, 2nd ed. Butterworth - Heinemann (Elsevier), 2007.
3. Japikse D., Nicholas C. Baines. Introduction to Turbomachinery, Concepts ETI, Inc., 1997.
4. NUMECA Int., "Flow Integrated Environment", User Manual, Numeca Int., Brussels, Belgium, 2014.