

УДК 629.036

## МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА В СТУПЕНИ ВЕНТИЛЯТОРА ДВИГАТЕЛЯ E<sup>3</sup>-GE

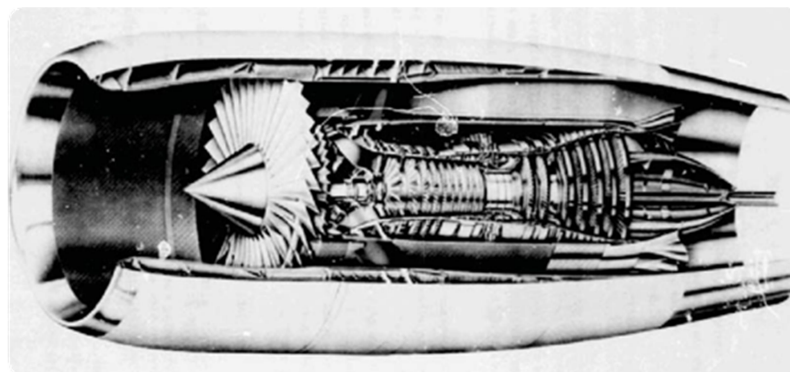
Попов Г.М., Кудряшов И.А., Ращупкина А.В.

e-mail: y.d.novikova@gmail.ru

*Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация*

В настоящее время широко применяется численное моделирование рабочего процесса авиационных двигателей с помощью современных программных комплексов таких как NUMECA, Ansys и др. Применение численных моделей позволяет ускорить процесс проектирования и снизить стоимость изготовления изделия. В данной работе выполнено создание численной модели вентилятора и подпорных ступеней двигателя Energy Efficient Engine-General Electric (E<sup>3</sup>-GE).

Двигатель E<sup>3</sup>-GE (см. рис.) – это совместный научный исследовательский проект таких фирм как NASA и General Electric разрабатываемый в 1970 – 1980 х годах. Нарботки, полученные в ходе данного проекта, послужили основой нового семейства современных турбовентиляторных двигателей компании General Electric для гражданской авиации, таких как GE-90, GE9x, GE9x, и так же применяются в некоторых современных двигателях таких как Leap X и других двигателях.



*Рис. Двигатель E<sup>3</sup>-GE*

Основной целью данной работы является создание и верификация численной модели ступени вентилятора ТРДДсм E<sup>3</sup>-GE. Стоит отметить, что в русскоязычных источниках мало работ посвященных созданию численной модели вентилятора. Исходными данными для моделирования послужили отчеты фирмы NASA и General Electric, в которых приведены основные данные по различным узлам данного двигателя, в том числе и по вентилятору.

Объектом данной работы является ступень вентилятора двигателя E<sup>3</sup>-GE. Исходные данные, такие как относительные и абсолютные углы на входе и на выходе ступеней, угол установки, хорда, максимальная толщина, количество лопаток, типы профилей, форма меридиональных обводов и граничные условия взяты из документации NASA данного двигателя [1].

Для профилирования лопаток использовался профилятор – «Система профилирования осевого компрессора», в котором была воспроизведена исследуемая

геометрия с одним допущением – использовано иное распределение толщины. Для каждой из лопаток построено то количество сечений, которое указано в технической документации [1]. Далее, по оцифрованной проточной части узла двигателя, построены меридиональные обводы. Все полученные геометрические модели были перенесены в программное обеспечение NUMECA, в которой выполнено создание конечно-объемной модели и дальнейший расчет ступени вентилятора.

Конечно-объемная расчетная модель создавалась в программном комплексе NUMECA AutoGrid5. Подготовка и настройка численной модели проводилась в программном комплексе NUMECA FineTurbo. В качестве рабочего тела использовалась модель идеального газа, с газовой постоянной  $R = 287,9 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \times \text{К}}$  и показателем адиабаты  $k = 1,4$ . В качестве граничных условий при расчете использовались полное давление  $p = 101325$  Па, полная температура на входе  $T = 293,15$  К и статическое давление на выходе, значения которых соответствовали аналогичным исходным данным [1]. В качестве модели турбулентности была выбрана однопараметрическая модель турбулентности Spalart-Allmaras, так как она является самой экономичной с точки зрения вычислительных ресурсов и соответственно времени [2].

В результате работы была рассчитана точка характеристики внутреннего и внешнего контуров вентилятора и проведено сравнение полученной численной модели с процессами, протекающими в турбомашине.

### Библиографический список

1. Sullivan, T.J. Energy Efficient Engine Fan Test Hardware Detailed Design Report [Текст]/ Sullivan T.J., Luebering G.W., Gravitt R.D. – NASA Lewis Research Center, 1980. – 147 с.
2. Попов, Г.М. Численное моделирование рабочего процесса и расчета характеристик вентилятора ГТД с помощью методов вычислительной газовой динамики [Электронный ресурс]: электрон. учеб. пособие / Г.М. Попов, Е.С. Горячкин, Ю.Д. Смирнова; О.В. Батулин Минобрнауки России, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королёва (нац. исслед. ун-т). – Электрон. текстовые и граф. дан. (11,4 Мбайт). – Самара, 2014.