**Рецензия**

на выпускную квалификационную работу студента

специальности 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей»

кафедры Э3 «Газотурбинные двигатели и комбинированные установки»

факультета «Энергомашиностроение»

МГТУ им. Н.Э. Баумана

Андрюшина Даниила Витальевича

Выпускная квалификационная работа «ДТРД большой степени двухконтурности класса тяги 8 тонн для пассажирского самолета» выполнена на актуальную и перспективную тему, соответствует установленным требованиям и включает:

* **Расчетно-пояснительную записку**, содержащую расчетно-конструкторский, научно-исследовательский, технологический, организационно-экономический разделы, а также разделы по охране труда и охране окружающей среды.
* Графическую часть, оформленную в соответствии с ЕСКД и ГОСТ.

Объект исследования - перспективный гражданский авиационный ДТРД, разработанный на основе современных авиационных технологий. Конструктивная схема и параметры двигателя соответствуют требованиям, предъявляемым к конкурентоспособным ГТД пятого поколения.

В расчетно-конструкторской части выбрана и обоснована схема ГТД, вариативно рассчитан термодинамический цикл с определением оптимальных параметров и последующим поузловым расчетом Вл, КНД, КВД, КС, ТВД, ТНД. Проведено сравнение с прототипами. Разработаны чертежи продольного и поперечных разрезов, компоновки ДТРД с изображением ЛА, профилирования лопаток и дисков.

Первая часть научно-исследовательского раздела посвящена выводу основных уравнений, использованных в расчетах, в том числе уравнения профилирования лопаток компрессора и турбины по высоте на основе конических сечений.

Во второй части научно-исследовательского раздела выполнен расчет на прочность лопаток КВД 1 ступени.

В третьей части научно-исследовательского раздела выполнен расчет на прочность диска ТВД с использованием метода двух расчетов и МКЭ при помощи программного комплекса ANSYS Static Structural.

В четвертой части научно-исследовательского раздела выполнен газодинамический расчет 1 ступени КВД с помощью программного комплекса ANSYS CFX, а также осуществлена его доработка и получена характеристика при номинальной частоте вращения.

Пятая часть научно-исследовательского раздела посвящена исследованию влияния газодинамических параметров тракта ГТД на выбросы CO и NOx. Был проведен реверсивный дата-инжиниринг новых данный, используемых для решения обратной задачи, выявлены доминирующие признаки. Подобран лучший регрессионной классический алгоритм машинного обучения для прогнозирования выбросов.

В технологической части ВКР разработан рабочий чертеж диска ТВД с указанием технических требований. Составлен маршрутный технологический процесс его изготовления, включая расчет операций сверления и точения и разработку соответствующих эскизов.

В организационно-экономической части ВКР проведён технико-экономический анализ разрабатываемого двигателя. Сделано сравнение технико-экономических характеристик с наиболее близким по параметрам двигателем-аналогом. Построены графики затрат на приобретение и эксплуатацию данных ГТД, с предварительным расчётом себестоимости и эксплуатационных расходов.

В разделе «Охрана труда и охрана окружающей среды» проанализированы вредные и опасные производственные факторы на этапе приемо-сдаточных испытаний ГТД. Рассчитаны поля рассеивания загрязняющих веществ и карты шума, с использованием специального ПО.

Приведенные в работе газодинамические, прочностные и другие расчеты выполнены с использованием актуальных методик и современных средств автоматизированного проектирования. Графическая часть работы соответствует требованиям, установленным ЕСКД и ГОСТ.

Все разделы записки взаимосвязаны и выполнены квалифицированно. Организационно-экономическая, технологическая и экологическая части работы соответствуют ее основному содержанию.

Выпускная квалификационная работа имеет ряд требующих отдельного перечисления достоинств, среди которых:

* Глубокий научно-исследовательский раздел, включающий численное моделирование газодинамических и прочностных процессов с использованием современных САПР. Автор продемонстрировал высокий уровень понимания физических процессов в ГТД и методов их компьютерного анализа.
* **Качественная графическая часть**, отличающаяся высокой детализацией (в частности, продольного разреза двигателя.
* **Продуманная аэродинамическая и конструктивная проработка**, включая рациональное расположение лабиринтных уплотнений и оптимизацию течения воздушно-масляной смеси.

В работе можно выделить некоторые малозначительные в рамках ВКР недостатки:

* **Геометрическая дискретизация расчетных моделей** выполнена с использованием относительно крупной конечно-элементной сетки, при этом отсутствует анализ сеточной сходимости, что могло бы повысить достоверность численных результатов.
* **Термогазодинамический расчет ТВД** выполнен без учета сопряженного теплообмена, что ограничивает точность определения температурного поля в диске турбины.
* Конструкция маслопровода к подшипнику КНД характеризуется повышенными гидравлическими потерями, а также технологической сложностью изготовления.

Отмеченные недочеты нисколько не снижают ценность представленной работы. Выполнение столь объемного исследования в одиночку неизбежно сопряжено с некоторыми упрощениями.

Представленная работа отвечает предъявляемым к ВКР требованиям и заслуживает оценки «отлично». Андрюшин Д. В. в свою очередь, заслуживает присуждения ему квалификации «Инженер».

Рецензент

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Должность

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Организация

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

ФИО Подпись Расшифровка