Ответы на замечания рецензии:

1. Выбранная модель турбулентности SST не чувствительна к точности сетки из-за хороших пристеночных функций. В ядре потока работает , в пристеночной области .
2. Для быстрых оценочных результатов были наложены ГУ 1 рода. Выполнение столь объемного исследования в одиночку неизбежно сопряжено с некоторыми упрощениями.
3. Магистраль подвода масла к П КНД была переработана и упрощена.

Добрый день, Уважаемые члены комиссии!

Тема дипломной работы выбрана по двум основным причинам:

* Стратегической важности для страны в условиях импортозамещения и санкционного давления. (экономика)
* Универсальности применения: для пассажирский и транспортных ЛА. (компоновка)

Исходными данными служили следующие три параметра:

1. Тип ГТД: ДТРД
2. Реактивная тяга на взлётном режиме: 8 тонн
3. Полная температура после КС: 1773 К

В расчетно-конструкторской части выбрана конструктивная схема ГТД, вариативно рассчитан термодинамический цикл универсального ГТД с определением оптимальных параметров и последующим поузловым расчетом. Результаты расчета цикла и выбранная расчетная точка представлена на данном листе. Проведено сравнение с прототипами. Все лопаточные аппараты спрофилированы по высоте

Разработаны чертежи продольного и поперечных разрезов, компоновки ДТРД с изображением ЛА, профилирования лопаток и дисков.

Рассчитаны все ступени КНД по высоте лопаток, спрофилирована только 1-ая ступень КНД. Также рассчитаны все ступени всех турбин по высоте лопаток.После получения геометрических размеров узлов двигателя, разработан чертеж общего вида проектируемой установки на базе авиационного ГТД ПС-90А. Основными отличиями от двигателя прототипа являются:

– повышенная частота вращения РНД;

– опора ТВД перенесена за ротор в более холодную часть двигателя;

– увеличенное число поворотных НА.

Также разработан рабочий чертеж детали «Диск 1-ой ступени КНД» и компоновочный чертеж.

В научно-исследовательской части дипломной работы выполнен газодинамический расчет КНД в Ansys CFX, исходными данными для которого являются результаты расчета ступеней КНД по высоте. На данном листе показано втулочное сечение, на котором наблюдаются отрывы потока. Вместе с этим параметры компрессора оказались ниже ожидаемых. КНД был доработан и погрешность по и составила менее . Также построена ветка характеристики КНД при номинальной частоте вращения РНД.

Далее в научно-исследовательской части дипломной работы получена дроссельная характеристика установки при , и рассчитан диск 1-ой ступени КНД на прочность, в результате которого было обнаружено слабое место диска и его конструкция была доработана.

В технологической части дипломного проекта разработан чертеж детали «Вал привода», соединяющий валы КВД и ТВД, а также маршрутно-технологический процесс с элементами операционной технологии.

В организационно-экономической части диплома произведена оценка себестоимости проектируемой установки и выполнено сравнение технико-экономических показателей с установкой аналогом.

В разделе охрана труда и охрана окружающей среды выполнен анализ вредных и опасных производственных факторов на этапе ПСИ ГТУ. Рассчитаны поля рассеивания загрязняющих веществ.

Уважаемые члены комиссии, на этом мой доклад закончен, готов ответить на ваши вопросы.

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.

Далее была просчитана матрица корреляции, позволивщая оценить влияние параметров на друг друга и сузить параметры варьирования до двух.

Более дискретизованное вариьррование по степени двухконтурности и степени повышения полного давления в КНД II контура выявлено 344 годных образца.

Результат расчета цикла и матрицу корреляции вы можете изучить на этих листах.

По выбранной точке был произведен расчет охлаждаемой ТВД.

Результатом явлилась Т с двумя охлаждаемыми ступенями выполнеными по закону Dср=const.

Основные параметры Т вы можете увидить на продольном листе.

Далее было выполнено профилирование Л по высоте по закону постоянства угла выхода потока из СА.

Треугольники скоростей и профилирование, выполненое моей программой предсталено на данных листах.

Затем был смоделирована 3D модель СА 1 ступени.

Чертежи представлены здесь

Затем была просчитана тепловая защита СА 1 ступени.

Сначала конвективным охлаждением, затем по неудовлетверенности данного метода конвективно-пленочное охлаждение по методике Иванова.

Результаты охлаждения представлены на данном листе.

Новизна от основное отличие моей работы от других заключается в написание расчетной программы цикла **для любой схемы** двигателя не зависимо от его применения. Исходная схема двигателя/установки представляет собой максимально плотной с точки зрения узлов, входящих в нее. Программа учитывает не только основные узлы газогенератора, но и опционально подключаемые редуктора, теплообменные аппараты, компрессоры среднего и низкого давлений, вентилятор, турбины среднего и низкого давлений, свободной турбины, а также соплами первого и второго контура с соответственными для каждого исходными характеристиками. При отсутствии в частной схеме какого-либо компонента, он считается с идеальными параметрами, представляющими собой результаты вида отсутствия узла: н-р: при отсутствии в схеме КНД, его степень повышения полного давления автоматически принимается равной 1, точно так же, как и его КПД.

Более подробно вы можете ознакомится с данной программой в моей РПЗ.

Для моих исходных данных оптимальной точкой степени повышения полного давления в К является 11.9, позволяющая получить ее в двух ступенях ЦБК, добиться приемлемого расхода воздуха и горючего, и достаточного теплоперепада для 2хступенчатой ТВД.

Все рассчитанные хар-ки цикла были учтены и уточнены в расчете ТВД.

Основные хар-ки ТВД представлены на 1ом листе:

При проектировании такой маленькой ЛМ остро встал вопрос вида проточной части, однозначным ответим на который стал закон постоянного диаметра втулки, позволяющий добиться приемлемой высоты Л первой ступени.

Расчет Т выполнен по ср. сечению, представляющим собой средне-арифметическое отношение диаметров втулки и периферии, а затем перерасчитан по высоте Л по методике, изложенной в лекциях Бари Амруловича,

Далее были построены треугольники скоростей по найденным параметрам. Пример треугольников 2ой ступени вы можете видеть на данном листе.

Исходя из рекомендаций той же литературы найдены количества Л каждой ступени, не допускающие резонансные колебания. Далее были построены профили Л на соответственных на треугольниках скоростей.

Последним пунктом данного проектирования был расчет на прочность Д 2 ступени, методом 2х расчетов. Результатом которого вышли напряжения, не превышающие 600 МПа, являющиеся пределом длительной прочности выбранного материала при заданном ресурсе в 12000 часов и расчетной температуре Д.

Более подробно расчет вы можете посмотреть в моей РПЗ.