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 схема ГТД, вариативно рассчитан термодинамический цикл универсального ГТД с поузловым расчетом и определением оптимальных параметров расчетного режима. Результаты расчета цикла и выбранная расчетная точка представлена на листе. Проведено сравнение с прототипами.

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

Основные параметры установки , , , мощность на валу СТ МВт. Рассчитаны все ступени КНД по высоте лопаток, спрофилирована только 1-ая ступень КНД. Также рассчитаны все ступени всех турбин по высоте лопаток. Все аналитические расчеты выполнены на языке программирования Python.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.