

- введены улитки для отвода воздуха за компрессором и подвода воздуха к камере сгорания и изменена силовая схема.
- 6. Двигатель для привода электрогенератора в электростанциях БГТЭС-9,5 и АТГ-10 НК-14Э ( $N=10$  МВт,  $\eta_e=33\%$ ). Двигатель создан на базе двигателя НК-14СТ и имеет следующие отличия от него:
  - имеет одновальную схему с передним приводом через редуктор со степенью редукции 2,75;
  - турбина составлена из объединенных вместе 2-х ступеней турбины газогенератора и 2-х ступеней свободной турбины с коррекцией на уменьшение площади соплового аппарата 3-ей ступени;
  - температура  $T_r^*$  увеличена на 65К;
  - значение  $\pi_k^*$  увеличено на 6%;
  - введены "низкие" лабиринты в турбине;
  - отсутствует промежуточная опора и изменена задняя опора в турбине;
  - возможна работа двигателя как на газообразном топливе (природный и попутный газ), так и на жидком топливе.

Двигатель успешно прошел 1-ый этап межведомственных испытаний. Создание группы приводных двигателей на базе серийного ГТД НК-14СТ позволяет заполнить нишу 10...12 МВт, существующую в двигателях семейства "НК", внутри класса мощностей 4...25 МВт, востребованного для приводов в газоперекачивающих агрегатах и электростанциях.

## **СРАВНЕНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ СТАЦИОНАРНЫХ СИЛОВЫХ УСТАНОВОК И КОНВЕРТИРОВАННЫХ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

Овчинников В.Н., Михеенков Е.Л.  
ОАО "СКБМ", г. Самара

Самарское (бывшее Куйбышевское) конструкторское бюро машиностроения является пионером в применении конвертированных выработавших ресурсы авиационных двигателей в качестве силовых установок для привода газоперекачивающих агрегатов для магистральных газопроводов.

Преимущества авиационных двигателей:

- высокие КПД цикла;
- высококачественные материалы деталей и узлов;
- малое время запуска, высокая приемистость;
- компактность;

- малая удельная масса (отношение массы двигателя к тяге или мощности);
- высокий уровень технологических процессов при изготовлении и сборке двигателей;
- высокий уровень и компактность системы регулирования.

Накопленный опыт проектирования силовых установок для газоперекачивающих агрегатов и энергетических установок на базе авиационных двигателей позволяет произвести сопоставление их преимуществ и недостатков с двигателями, созданными как стационарные установки.

Преимущества стационарных силовых установок:

- высокие показатели безотказности;
- большие ресурсы работы;
- модульность конструкции;
- применение дешевых материалов для корпусных деталей.

Большой опыт проектирования, доводки, производства и эксплуатации накоплен фирмой HISPANO-SUIZA. Интересно сопоставление конструкций этой фирмы с типовыми конструкциями конвертированных авиационных российских двигателей.

Обращает на себя внимание наличие нескольких силовых корпусов статорных деталей узлов компрессоров и турбин. Наружные корпуса представляют из себя мощные литые конструкции, обеспечивающие большую жесткость всей компоновке двигателя.

На рис.1 и рис.2 показаны соответственно компоновки узла газогенератора и силовой (свободной) турбины двигателей фирмы HISPANO-SUIZA. Эта фирма давно специализируется на создании стационарных и мобильных силовых установок различного назначения.

Как видно, конструкция корпусов включает в себя как тонкостенные внутренние, так и литые массивные внешние корпуса. Нижние половины этих наружных корпусов фактически являются станинами, упрощающими задачу крепления двигателя к силовой раме. Наличие таких корпусов упрощает и решение вопроса модульности двигателей.

Еще одну особенность можно отметить в расположении агрегатов систем автоматического управления (САУ) двигателем. Авиаторы размещают агрегаты в нижней части двигателя. Разработчики стационарных силовых установок размещают агрегаты САУ в верхней части двигателя. И в том и в другом случаях размещение агрегатов определяется требованием технологичности обслуживания (доступностью и наличием пространства для размещения монтажника и возможности перемещения агрегатов и приспособлений).

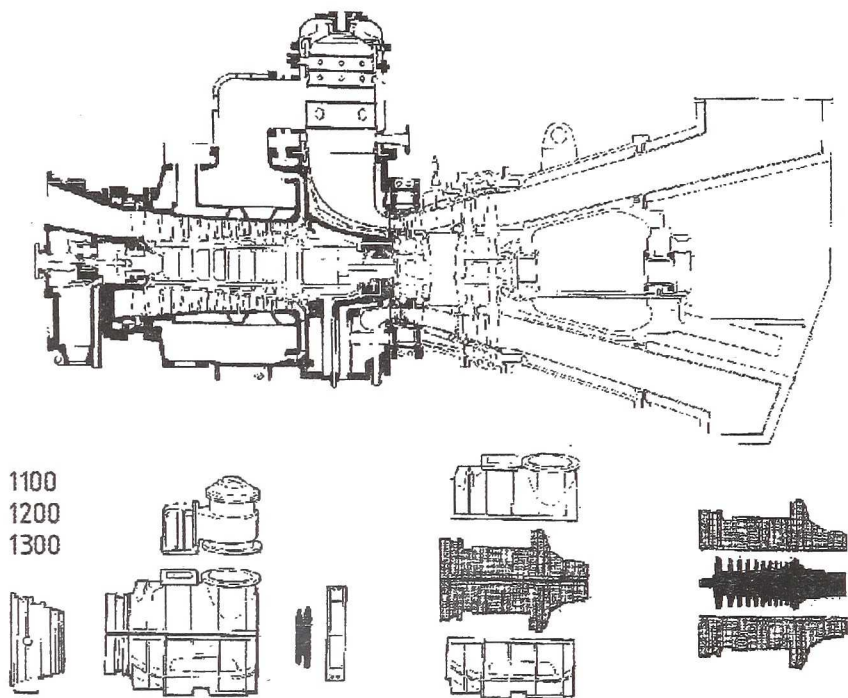


Рис. 1. Конструктивная схема газогенераторной части двигателей Hispano-Suiza серии THM

Заслуживает рассмотрения опыт совместного проектирования, изготовления и эксплуатации стационарных силовых установок различными фирмами. Интересен, на наш взгляд, опыт фирмы Купер – Роллс, созданной фирмами Роллс-Ройс и Купер-Бессемер. Роллс-Ройс поставляет высокоэффективные газогенераторы, а фирма Купер-Бессемер производит узел силовой (свободной) турбины как это показано на рис.3.

Интересен, на наш взгляд, факт совмещения корпуса свободной турбины с выхлопной улиткой. Конструкция корпуса литая.

Обеспечено сокращение размеров двигателя в осевом направлении, упрощается задача центровки двигателя и нагнетателя.

В объединении Купер-Роллс обеспечено оптимальное сочетание опыта производства высокоэффективных газогенераторов и стационарных силовых турбин.

Еще одной особенностью является широкое применение подшипников скольжения. Подшипники скольжения разработчиками стационарных силовых установок применяются как в горячей части двигателя (в районе последних ступеней компрессора, в турбине газогенератора) так и в узле свободной (силовой) турбины.

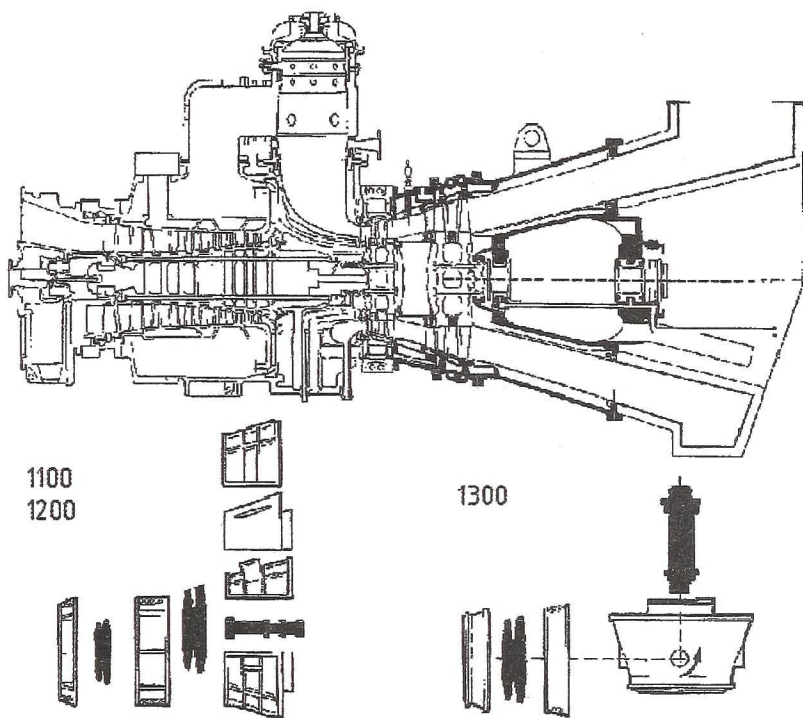


Рис. 2. Конструктивная схема турбин газогенератора и силовой турбины двигателей Hispano-Suiza серии THM

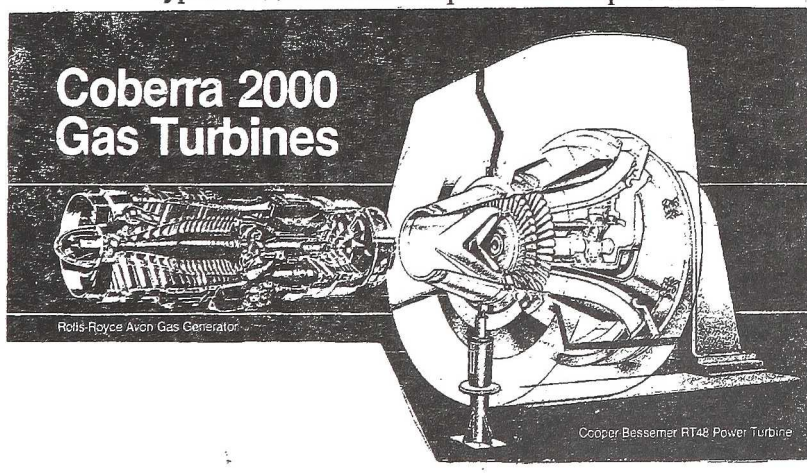


Рис.3. Компонка двигателя фирмы Роллс - Ройс Avon и силовой турбины RT-48 фирмы Купер - Бессемер

Нами проработана компоновка модуля свободной турбины двигателей НК-12СТ, НК-14СТ с заменой подшипников качения на подшипники скольжения. Сама компоновка подшипникового узла вписалась в имеющиеся габариты опоры модуля свободной турбины.

Существенное изменение произошло в системе подвода и отвода масла из-за резкого увеличения потребных прокачек масла для обеспечения работоспособности подшипниковых узлов.

Введение подшипников скольжения требует доработки масляных систем контейнеров и испытательных стендов, т.к. увеличенные тепловыделения требуют повышенных прокачек масла и, следовательно, масляных баков большой емкости и устройств рассеивания тепла. А на двигателе надо ставить мощные маслососы подвода и, главное, отвода масла от подшипников.

Настораживающим фактором, требующим доводки, является то, что запуск при низких температурах окружающей среды требует прогрева подшипников для исключения сухого трения в подшипниковых парах. Это усложнит условия работы эксплуатационников по сравнению с тем, что имеется сейчас, при использовании подшипников качения, условия эксплуатации которых значительно проще.

Фактором, определяющим в значительной степени применение подшипников скольжения, является безотказность и простота замены в эксплуатации. Подшипники же качения в модуле свободной (силовой) турбины ограничивают ресурс работы и имеют пониженные показатели надежности.

Как метко заметил один из руководителей департамента транспортировки газа ОАО "Газпром", создателям конвертированных авиационных двигателей "надо изживать из себя авиаторов", т.е. перестать экономить на массе двигателей, на объемах прокачки масла, и не экономить на облегчении условий работы монтажников и обслуживающего персонала. И при этом не потерять все преимущества авиационных двигателей.

## **ПРОБЛЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ И НОРМИРОВАНИЯ ОБЩЕЙ ВИБРАЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК НА БАЗЕ АВИАЦИОННЫХ ГТД**

Сундуков Е.В.  
ОАО "СКБМ", г. Самара

Создание энергетических установок на базе авиационных ГТД вызвало ряд проблем в области контроля и нормирования их вибрации.

Измерение и нормирование вибрации стационарных энергетических машин регламентируется рядом ГОСТов и отраслевых нормативных