

УДК 629.7.018:629.7.03.063.7

А.Н. АНТОНОВ, Н.К. АКСЕНОВ, Ю.С. МАРКОВ, В.Е. МЕНЬШИКОВ

*ФГУП "Центральный институт авиационного моторостроения им. П.И. Баранова",
Москва, Россия*

СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК УЗЛОВ И АГРЕГАТОВ МАСЛЯНЫХ СИСТЕМ АВИАЦИОННЫХ И НАЗЕМНЫХ ГТД И ГТУ В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ

Рассмотрены причины, повлекшие за собой создание стенда для исследования характеристик элементов и агрегатов масляной системы ГТД и ГТУ в различных условиях. Приведено краткое описание и технические характеристики стенда, созданного в испытательном комплексе центрального института авиационного моторостроения им. П.И. Баранова. Рассмотрено использование стенда применительно к испытаниям по определению эффективности работы воздухоотделителя-суфлера.

масляная система, воздухоотделитель-суфлер, ГТД, испытания, стенд

Введение

Современная методология создания масляной системы двигателей предусматривает большой объем исследований на стадии научно-технической разработки, испытаний и последующей доводки отдельных элементов и узлов. При таком подходе увеличивается объем поузловой отработки элементов масляной системы двигателя в условиях, максимально приближенных к условиям работы узла в составе двигателя. Это упрощает процесс доводки элементов и узлов масляной системы без проведения полномасштабных испытаний авиационных ГТД и ГТУ и уменьшает затраты, с ними связанные.

В связи с большой актуальностью работ по доводке масляных систем перспективных двигателей в ЦИАМ им. П.И. Баранова был разработан и создан стенд для проведения в различных условиях экспериментальных исследований характеристик таких агрегатов и узлов масляной системы ГТД и ГТУ как воздухоотделители, суфлеры, нагнетающие и откачивающие насосы, фильтры и т.д.

1. Формулирование проблемы

Экспериментальные исследования маслосистемы и ее элементов в составе ГТД представляют собой

длительный, трудоемкий и дорогостоящий процесс, при этом очень сложно исследовать характеристики какого либо агрегата или элемента отдельно. При исследовании элемента масляной системы в отдельности также возникает ряд проблем, в основном связанных с точностью имитации условий работы этого элемента на двигателе.

Приемлемым вариантом в данной ситуации является создание установки под испытания конкретного элемента масляной системы, например суфлера. Но тогда количество таких установок будет весьма велико и затраты на их создание могут превысить затраты на проведение испытаний масляной системы в составе ГТД.

Выходом из данной ситуации, по мнению авторов статьи, является создание универсального стенда, который обладал бы достаточной гибкой и легко изменяемой технологической схемой для исследования любых элементов и узлов масляной системы, но в то же время позволял обеспечить высокую степень имитации условий работы на двигателе.

Целью проведенной работы являлась разработка и создание универсального стенда и проведение на нем испытаний по исследованию эффективности работы (определения величины безвозвратных потерь масла и гидравлических характеристик) возду-

хоотделителя-суфлера (ВС) в земных и высотных условиях работы авиационного ГТД.

2. Решение проблемы

На первом этапе создания стенда были определены требования к нему, разработана принципиальная схема (рис. 1), рассчитаны длины и диаметры воздушных и масляных магистралей, определены требования и осуществлен выбор технологического оборудования: насосов, фильтров, запорно-регулирующей арматуры и т.д.

На втором этапе была проведена конструкторская проработка, изготовление элементов и узлов стенда, монтаж оборудования и систем стенда. В результате был создан экспериментальный стенд, включающий в себя следующие основные системы:

- систему подготовки и подачи масла и воздуха к исследуемому объекту;
- систему вакуумирования, обеспечивающую высотные условия в исследуемом объекте;
- систему электромеханических приводов объекта испытаний, стендовых агрегатов и запорной арматуры;
- автоматизированную информационно-измерительную систему сбора и первичной обработки информации (АИИС);

– систему регулирования и управления стендовыми устройствами.

Ниже представлено краткое описание основных систем стенда.

1. Система подготовки и подачи масла и воздуха к исследуемому объекту включает в себя:

- масляные и воздушные фильтры грубой (60 мкм) и тонкой (15 мкм) очистки;
- нагнетающий и откачивающие насосы;
- маслобак (МБ), совмещенный с системой подогрева масла до требуемой температуры;
- магистраль подачи воздуха (ВМ);
- магистрали ММ1 подвода масла и ВМ1 подвода воздуха к смесителю СМ1; за смесителем эти магистрали объединяются в магистраль СММ1, в которой имитируются параметры масловоздушной смеси линии откачки из полостей подшипниковых узлов двигателя;
- магистрали ММ2 подвода масла и ВМ2 подвода воздуха к смесителю СМ2; за смесителем эти магистрали объединяются в магистраль СММ2, в которой имитируются параметры масловоздушной смеси, поступающей в коробку приводов двигателя по магистралям суфлирования;
- магистраль СММ3 отвода масловоздушной смеси из имитатора коробки приводов (ИКП) двигателя, разделяющуюся на магистрали ММ3 отвода масла и возврата его в маслобак и ВМ3 отвода воздуха и возврата его в ИКП; масло после ВС сливалось в циклон, в котором произошло дополнительное отделение воздуха от масла (имитация маслобака двигателя), как и на двигателе полость циклона соединена линией суфлирования с полостью ИКП;
- магистраль СММ4 отвода масловоздушной смеси из ВС, разделяющуюся на магистрали ВМ4 отвода воздуха, ММ41 измерения расхода масла

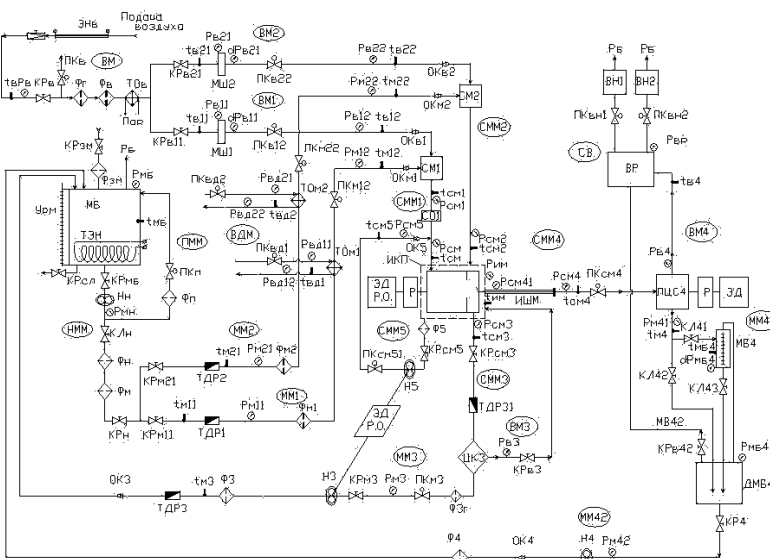


Рис. 1. Принципиальная схема стенда

– магистраль СММ3 отвода масловоздушной смеси из имитатора коробки приводов (ИКП) двигателя, разделяющуюся на магистрали ММ3 отвода масла и возврата его в маслобак и ВМ3 отвода воздуха и возврата его в ИКП; масло после ВС сливалось в циклон, в котором произошло дополнительное отделение воздуха от масла (имитация маслобака двигателя), как и на двигателе полость циклона соединена линией суфлирования с полостью ИКП;

– магистраль СММ4 отвода масловоздушной смеси из ВС, разделяющуюся на магистрали ВМ4 отвода воздуха, ММ41 измерения расхода масла

и ММ42 отвода масла, уходящего с воздухом из ВС; для отделения воздуха от масла после ВС установлен приводной центробежный суфлер ПЦС;

– магистраль СММ5 отвода масловоздушной смеси из ИКП и подачи ее в магистраль СММ на вход в ВС; смесь, подаваемая в ВС по магистрали СММ5, имитирует смесь, откачиваемую из коробки приводов двигателя.

2. Система вакуумирования, обеспечивающая высотные условия в исследуемом объекте, состоит из двух параллельно работающих вакуумных насосов ВН1 и ВН2, подключаемых к вакуумному ресиверу ВР через соответствующую запорно-регулирующую арматуру.

3. Система электромеханических приводов объекта испытаний, стендовых агрегатов и запорной арматуры и система регулирования и управления стендовыми устройствами позволяют проводить настройку требуемых параметров эксперимента из пультовой стенда путем воздействия оператора на соответствующие органы управления.

Технологическая схема установки требует для ряда агрегатов системы (блока откачивающих насосов НЗ и Н5 и привода ВС) обеспечения частоты вращения, превышающую частоту вращения приводного электродвигателя и возможность регулирования ее в широком диапазоне. Это обеспечивается за счет повышающих мультипликаторов с необходимым передаточным отношением, а изменение частоты вращения - за счет изменения скорости вращения вала электродвигателя. Для регулирования частоты питающего напряжения двигателя используется частотный преобразователь фирмы «Омрон».

4. Автоматизированная информационно-измерительная системы (АИИС) предназначена для повышения качества, оперативности проведения испытаний и обработки их результатов, обеспечения безопасности и эффективности ведения процесса испытаний, а также оперативного контроля технологических и режимных параметров на современном техническом уровне.

АИИС представляет собой распределенную систему, состоящую из следующих функциональных подсистем:

– информационной, включающей в себя подсистему измерений и регистрации режимных, технологических параметров и параметров, характеризующих работу исследуемого агрегата на стационарных режимах работы;

– центральной, включающей в себя телекоммуникационные средства и средства локальной вычислительной сети (ЛВС), сервер, автоматизированное рабочее место исследователя (АРМИ), автоматизированное рабочее место экспериментатора (АРМЭ).

На третьем этапе, перед проведением испытаний ВС были выполнены пуско-наладочные работы технологических систем стенда:

– проверка герметичности масляной, воздушной, вакуумной и др. систем);

– проверка работоспособности нагнетающего и откачивающих масляных насосов, определение их расходных характеристик, оценка характеристик системы нагрева масла;

– проверка работоспособности системы вакуумирования и возможность обеспечения высотных условий в требуемом диапазоне;

– проверка работоспособности электромеханических приводов стендовых агрегатов и оценка характеристик регулирующих клапанов;

– проведение ряда градуировочных работ по определению характеристик расходомерных устройств масляной системы;

– комплексная проверка автоматизированной информационно-измерительной системы (АИИС) стенда.

В результате выполненного комплекса работ получено, что стенд имеет следующие технические характеристики:

- | | |
|---------------------------|--------------------|
| частота вращения вала | – до 25000 об/мин; |
| мощность электродвигателя | – 100 кВт; |
| высотность | – до 20000 м; |

температура масла	– до 300 °С;
температура воздуха	– до 300 °С;
давление масла	– до 20 кг/см ² ;
давление воздуха	– до 20 кг/см ² ;
расход масла	– до 120 л/мин;
расход воздуха	– до 200 г/с;
содержание воздуха в масле	– до 100 %.

При проведении анализа погрешности измерения основных режимных параметров получены следующие результаты: температура $\pm 1\%$, давление $\pm 0,5\%$, расход масла $\pm 1\%$, расход воздуха $\pm 2\%$, число оборотов $\pm 0,1\%$, высота ± 50 м.

Далее приводятся некоторые результаты по использованию стенда для исследования эффективности работы ВС в земных и высотных условиях работы ГТД.

Одной из основных задач испытаний ВС являлось определение величины безвозвратных потерь масла, которая определяется по объему масла, уходящему из ВС с воздухом через магистраль СММ4. В процессе калибровочных испытаний стенда была создана и отработана методика определения величины безвозвратных потерь масла в темпе эксперимента, позволяющая обеспечить требуемую точность измерения. Согласно этой методике, для определения объема масла используется специальный мерный бак МБ4. Масло после приводного центробежного суфлера ПЦС4 на установившемся режиме работы сливается в него. Отсчет времени замера τ объема масла начинается с момента переключения клапанов КЛ41 и КЛ42. Окончание замера производится также переключением клапанов КЛ41 и КЛ42. Продолжительность замера при установившихся режимных параметрах составляла 600-1200 с.

Критерием правильности выполнения замера является линейный характер изменения объема масла в мерном баке или его приращения по времени в течение замера.

Более точное определение величины безвозвратных потерь масла выполняется графическим спосо-

бом (после окончания эксперимента) с помощью аппроксимации изменения объема масла в мерном баке по времени в виде

$$V = B \cdot \tau + A,$$

где V – объем масла в мерном баке; τ – время; B – безвозвратные потери масла в мл/с.

При обработке исключаются начальный и конечный участок (влияние переключения клапанов). Значение потерь масла в л/час определяется следующим образом:

$$V_{\text{блм}} = B / 1000 \cdot 3600.$$

В результате проведенных испытаний получены данные по величине безвозвратных потерь масла на всех режимах и определены гидравлические характеристики ВС.

Заключение

В результате выполненного комплекса работ создан универсальный стенд для исследования характеристик агрегатов и узлов масляных систем авиационных и наземных ГТД и ГТУ в условиях максимально приближенных к натурным в широком диапазоне режимных параметров. В процессе экспериментальных исследований воздухоотделителя-суфлера на этом стенде:

- отработана методика проведения испытаний с обеспечением высокой точности измерения и регулирования основных параметров;
- отработана методика определения величины безвозвратных потерь масла в темпе эксперимента;
- определены характеристики воздухоотделителя-суфлера.

Использование данного стенда позволит значительно сократить сроки и затраты на доводку элементов и узлов масляных систем ГТД различного класса мощности и назначения.

Поступила в редакцию 1.06.2007

Рецензент: д-р техн. наук, проф. А.А. Жердев, МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва.