

ОБ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МАСЛЯНОЙ СИСТЕМЫ АВИАЦИОННОГО ГТД

Гришанов О. А.

ПАО «ОДК Кузнецов»
Заводское шоссе д. 29,
г. Самара, 443009,
Российская Федерация

oa.grishanov@uec-kuznetsov.ru

Проектирование подсистем и основных элементов масляной системы авиационного ГТД сводится к работам по предлагаемым алгоритмам. Традиционно масляную систему подразделяют на гидравлический, тепловой и механический модули. Методики проектирования элементов каждого из модулей известны и проверены опытом разработок. Но вкуче с оценкой стоимости жизненного цикла двигателя, на основе которых созданы представленные в статье алгоритмы, образуется удобное средство инженерного проектирования.

Ключевые слова: *принципиальная схема масляной системы; тепловыделение; подвод масла; жизненный цикл*

1 Введение

Как известно, масляная система авиационного ГТД предназначена для осуществления непрерывной подачи масла к подшипникам, зубчатым колёсам, контактными уплотнениям и другим узлам трения с заданными величинами температуры и давления на всех режимах работы ГТД в ожидаемых условиях эксплуатации.

При проектировании и доводке масляных систем авиационных ГТД доминируют эмпирические методы. Применение численных методов, учитывая малый размер взаимодействующих частиц масловоздушной смеси, требует чрезвычайно мелкой ячейки расчётной сетки и, соответственно, высоких ресурсов компьютера.

Использование в компьютерных технологиях накопленного опыта и знаний, которыми обладают конструкторы, интегрированных в процесс принятия технических решений, приводит к существенному сокращению времени проектирования элементов и систем двигателя, а также обеспечению качества их разработки [1].

Несмотря на отмеченные выше сложности, в настоящее время в помощь разработ-

чику можно предложить устоявшиеся алгоритмы проектирования, прошедшие проверку практикой разработки масляных систем. Использование подобных мастер-процессов позволяет при более глубокой проработке формализовать процесс проектирования, а также подготовить базу для создания цифрового двойника масляной системы.

Новым в приведённом в данной статье механизме оптимизации выбора того или иного технического решения при проектировании масляной системы является оценка стоимости жизненного цикла использующего её двигателя.

Основные модули масляной системы

Взаимодействие элементов масляной системы обычно представляют как совокупность модулей:

- гидравлического;
- теплового;
- механического;
- системы суфлирования.

Модуль системы суфлирования описывает течение воздуха через элементы двигателя и, в частности, через уплотнения мас-

ляных полостей. Формально данный модуль не относится к масляной системе, но часть его связей допускается включать в состав гидравлического модуля. Ввиду специфических требований к данной подсистеме [2] в алгоритмах проектирования он обособлен.

Аналогично при разработке теплового модуля с ним должен взаимодействовать модуль топливной системы и ряд других.

Схема взаимодействия модулей и составляющих элементов является основой для построения на этапе проектирования цифрового двойника масляной системы.

2 Критерий оценки технических решений по масляной системе

При выборе технического решения или величины какого-либо параметра масляной системы возникает необходимость в критерии оценки эффективности данного выбора. В качестве таких критериев можно выбрать, например, ресурсные показатели двигателя, удельный расход топлива и другие характеристики.

В разработанных алгоритмах проектирования масляной системы предлагается с этой целью исходить из стоимости жизненного цикла двигателя, на который влияют характеристики его маслосистемы [3, 4]. Данный параметр имеет интегральный характер и позволяет учитывать сразу несколько вариантов исполнения.

Стоимость жизненного цикла двигателя включает все затраты на разработку, изготовление и эксплуатацию в течение назначенного ресурса заказанной партии двигателей, отнесённые к единице данной продукции.

На стоимость жизненного цикла двигателя в основном влияют:

- общий назначенный ресурс, определяющий количество двигателей, необходимых для эксплуатации объекта;
- назначенный ресурс до капитального ремонта (их количество за период эксплуатации) и непосредственные затраты на ремонты;

- затраты на обслуживание;
- затраты на безвозвратные потери масла и расходные материалы;
- стоимость израсходованного топлива или его удельный расход.

Так, например, при выборе миделя стойки опоры, достаточного для проведения внутри неё трубопровода суфлирования, следует взвесить выгоды повышения к.п.д. лопаточной машины за счёт снижения потерь в её проточной части с уменьшенным расходом воздуха суфлирования и, соответственно, диаметра трубопровода, с затратами на использование с этой целью в опорах ротора контактных уплотнений вместо лабиринтных.

Модуль расчёта стоимости жизненного цикла требует отдельной разработки и в предлагаемых алгоритмах присутствует в общем виде. Следует отметить, что этот расчёт должен носить принципиальный характер, а не опускаться до мелочей.

Ниже на рисунке 1 в качестве примера приведён алгоритм проектирования теплового модуля взаимодействия топливной и масляной системы ГТД.

Систематизированный комплекс обязательных требований, предъявляемых к масляным системам авиационных ГТД, приведён в отраслевом стандарте на разработку таких систем [5]. Из содержащихся в нём основных требований непосредственно к двигателю относятся:

- расчёт теплоподвода в масло в опорах;
- определение величины прокачки (циркуляционного расхода) масла через узлы трения ГТД;
- выбор сорта масла, обеспечивающего работоспособность двигателя;
- ограничение допустимой величины теплоотдачи от двигателя в масло;
- обеспечение откачки масла из масляных полостей ГТД во всех условиях эксплуатации;
- обеспечение суфлирования масляных полостей ГТД с необходимой избыточностью.

3 Предлагаемый алгоритм проектирования

Основные ступени проектирования можно свести к следующим:

- 1 На основании выбранной кинематической схемы ГТД определение количества уплотнений в каждой опоре.
- 2 Выбор типа уплотнения (контактного или лабиринтного) с учётом реализуемой

величины давления наддува в зоне уплотнения и заданного ресурса проектируемого ГТД.

3 Определение теплоотдачи в масло от составляющих:

- в подшипниках;
- в подвижных уплотнениях масляных полостей опор;
- в демпферах;

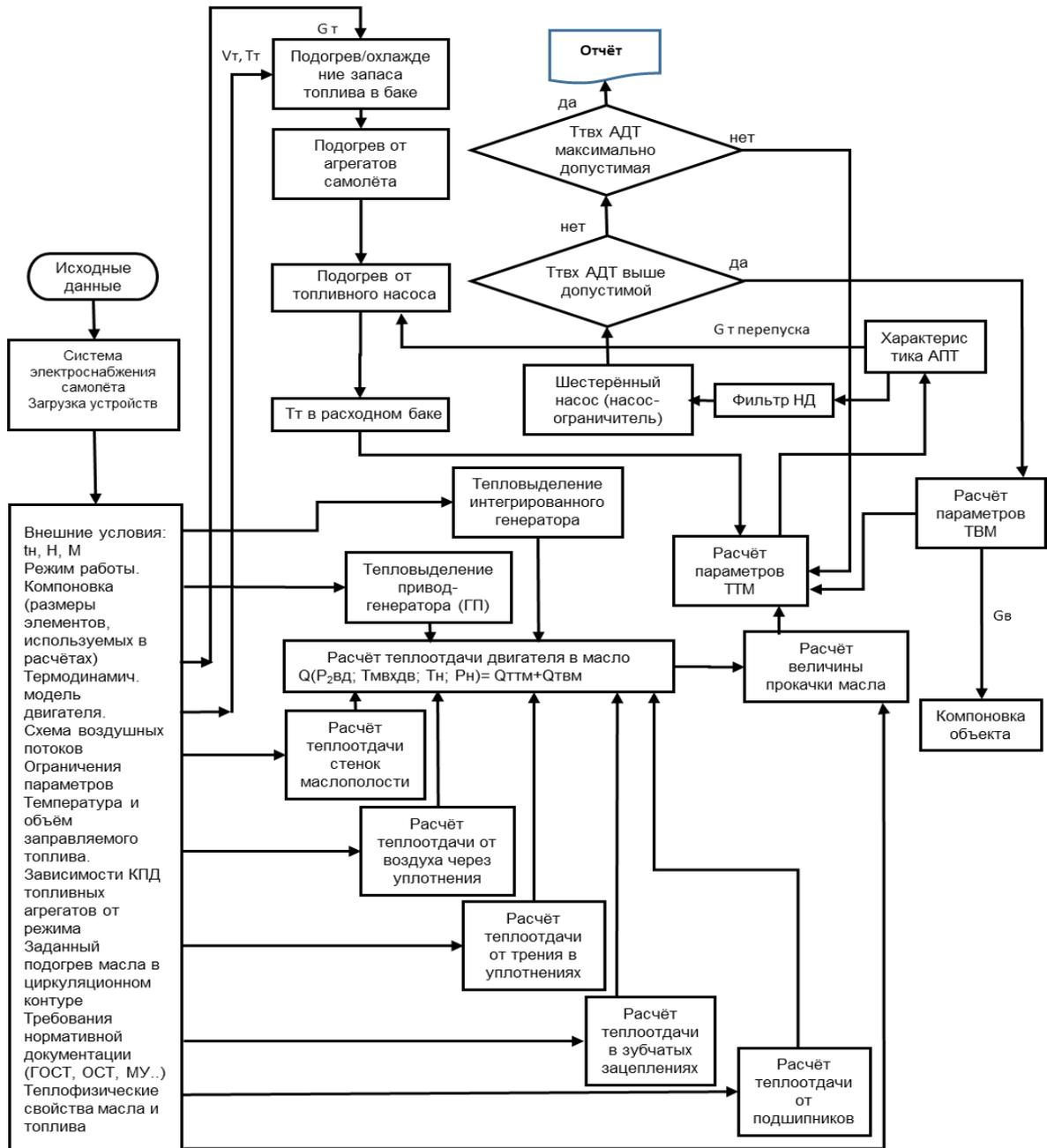


Рисунок 1. Алгоритм проектирования теплового модуля взаимодействия топливной и масляной систем
В схеме: АДТ – агрегат дозирования топлива, ТТМ и ТВМ – топливо- и воздухомасляные теплообменники.

– в зубчатых зацеплениях коробок приводов агрегатов и центрального привода;

– через стенки опор с учётом выбранной теплоизоляции;

– от воздуха, втекающего через уплотнения.

4 Определение прокачки масла через отдельные узлы и опоры в целом, исходя из подогрева в каждой опоре от 40 до 50 °С.

5 Формирование принципиальной схемы масляной системы.

6 Выбор схемы суфлирования масляных полостей опор (автономной, объединённой, комбинированной).

7 Выбор места отвода воздуха суфлирования (с использованием эжектора в случае выбора наружного контура или без него).

8 Оценка хладоресурса топлива в топливной системе и выбор схемы охлаждения масла.

9 Определение потребных характеристик теплообменника (теплообменников), выбор серийного или разработка нового агрегата.

10 Исходя из рекомендуемого перепада на уплотнениях и давления их наддува расчёт расхода воздуха и потребного проходного сечения трубопроводов суфлирования с учётом двухфазности потока.

11 Выбор параметров приводного центробежного маслоотделителя (суфлёра).

12 Выбор системы слива масла из опоры к откачивающему насосу, определение проходного сечения по скорости потока жидкой фазы масла (без воздуха) в соответствии с рекомендациями стандарта [6].

13 Выбор производительности и типа откачивающих насосов, оценка их кавитационного запаса во всех условиях эксплуатации.

14 Определение параметров приводного воздухоотделителя (центрифуги), если таковой агрегат предусмотрен принципиальной схемой.

15 Выбор параметров системы фильтрации масла, типа применяемых фильтроэлементов.

16 Формирование требований к маслобаку.

17 Оптимизация выбранных размеров агрегатов, каналов и трубопроводов, исходя из общей компоновки ГТД.

18 Оценка стоимости жизненного цикла двигателя с проектируемой масляной системой. Сравнение с известными прототипами.

19 Оценка технических рисков.

4 Заключение

Разработанные алгоритмы проектирования открыты для дальнейшего развития, уточнения расчётных методик, замены эмпирических зависимостей расчётными, что необходимо в процессе создания цифровых двойников сложных систем.

Исходя из вышесказанного, практическое проектирование элементов масляной системы авиационного двигателя с уже разработанной его общей компоновкой сводится к работам по предлагаемым алгоритмам. Методическая основа представленных алгоритмов проверена опытом предыдущих разработок. Вкупе с оценкой стоимости жизненного цикла двигателя данные алгоритмы создают основу для автоматизации инженерного проектирования.

Список использованных источников

[1] Митин, Б. М. Теоретические и экспериментальные исследования по разработке методов сокращения сроков доводки и повышения эксплуатационной надёжности маслосистемы авиационных ГТД / Б. М. Митин, В. А. Рахальский, Н. К. Аксёнов, Л. И. Франкштейн // Труды ЦИАМ, 1982 г. – №12007.

[2] Трянов, А. Е. Проектирование систем суфлирования масляных полостей авиационных ГТД [Электронный ресурс] : [учеб. пособие] / А. Е. Трянов, О. А. Гришанов, С. В. Бутылкин. – Самара : Изд-во СГАУ, 2006. - on-line. - ISBN = 5-7883-0438-5

[3] Марчуков, Е. Ю. Стоимость жизненного цикла авиапроизводного ГТД / Е. Ю. Марчуков, В. В. Куприк // Газотурбинные технологии. – 2004. – №10.

[4] Щуровский В. А. Применение показателя стоимости жизненного цикла ГТУ / В. А. Щуровский // Газотурбинные технологии. – 2002. – №5.

[5] ОСТ 1 00969 – 80. Системы масляные газотурбинных двигателей самолетов. Общие технические требования. Отраслевой стандарт.

ON AUTOMATION OF DESIGN OF OIL SYSTEM OF AN AIRCRAFT GTE

Grishanov O.A.

JSC « Kuznetsov »
Zavodskoe shosse,29,
Samara, 443009,
Russian Federation

oa.grishanov@uec-kuznetsov.ru

The design of subsystems and main elements of the oil system of an aircraft gas turbine engine comes down to working on the proposed algorithms. Traditionally, the oil system is divided into hydraulic, thermal and mechanical modules. The methods for designing the elements of each module are known and verified by development experience. But coupled with an assessment of the engine life cycle cost, on the basis of which the algorithms presented in the article were created, a convenient engineering design tool is formed.

Keywords: *schematic diagram of the oil system; heat generation; oil supply; life cycle*

References

- [1] Mitin, B.M., Rahal'skiy, V.A.; Aksenov, N.K. and Frankshteyn, L.I. (1982), "Theoretical and experimental aimed at devising methods of reduction development terms and improving operational reliability of the aircraft gas turbine engine oil system", *Transactions of Central Institute of Aviation Motors*, №12007. (in Russian)
- [2] Tryanov A.E., Grishanov, O.A. and Butylkin, S.V. (2006), *Proektirovanie sistem suflirovaniya maslyanyh polostey aviatsionnyh GTD, uchebnoe posobie* [Designing of breather systems oil sumps of aviation turbine engines, manual], SGAU, Samara. (in Russian).
- [3] Marchukov, E.Yu. and Kuprik, V.V. (2004), "Life cycle cost of converted aviation turbine engine", *Gas turbo technology magazine*, №10. (in Russian).
- [4] Schurovskiy, V.A. (2002), "Application of a cost index of life cycle of the gas-turbine plant", *Gas turbo technology magazine*, №5. (in Russian).
- [5] OST № 1 00969-80 [Industrial standard]. *Sistemy maslyanye gazoturbinnyyh dvigateley samoletov. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya* [Systems oil gas-turbine engines of airplanes. The general technical requirements] (in Russian).