

УДК 621.45.01

Н.С. СЫЧЕВА, С.А. РОДЮК

ФГКП Научно-производственный центр Газотурбостроения» «Салют», Россия

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПРОЕКТИРОВАНИЮ И ИСПЫТАНИЯМ МАСЛОБАКА ДЛЯ ДВИГАТЕЛЯ МАНЕВРЕННОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Рассматривается новый методический подход к проектированию масляных баков и проверке их работоспособности перед началом специальных стендовых и летных испытаний в земных условиях с имитацией околонулевых и отрицательных перегрузок, возникающих при выполнении полета маневренного самолета на специальной установке. Излагается сложившаяся практика проектирования и проведения специальных стендовых и летных испытаний для оценки разработанной конструкции, а также результаты сравнительных испытаний двух конструкций маслобаков, разработанных по старой и новой методикам.

Ключевые слова: *масляный бак, проектирование, специальная установка, стендовые испытания, конструкция, околонулевые и отрицательные перегрузки, маневренный летательный аппарат, самолет, двигатель.*

Введение

Масляная система авиационного газотурбинного двигателя представляет собой совокупность устройств и агрегатов, обеспечивающих подачу масла в узлы трения для снижения потерь мощности в них, уменьшения износа деталей, отвода теплоты, выделяющейся при трении, защиты трущихся поверхностей от наклепа и коррозии, удаления продуктов износа из зоны трения, а также для использования масла в качестве рабочего тела в гидравлических системах регулирования двигателя и его агрегатов. Сформированные в ходе выполнения опытно-конструкторских работ требования к масляным бакам, как составной части масляных систем, в основном связаны с обеспечением емкости расходомерного запаса масла, необходимого для выполнения полета самолета с максимальной продолжительностью. Кроме этого, для маслосистем двигателя в целом, установлены ряд требований по обеспечению необходимой степени очистки масла от продуктов износа, охлаждению масла и обеспечению надежного питания маслом на всех установившихся режимах работы двигателя и наличием системы суфлирования, исключающей выбросы масла на элементы конструкции двигателя и самолета. Как правило, величина и продолжительность прекращения подачи масла к узлам трения двигателя определяется в ходе летных испытаний, когда любые изменения в конструкции двигателя затруднительны и связаны с увеличением сроков и стоимости выполнения работ, поэтому зачастую главный конструктор двигателя

вынужден согласовывать количество прерываний подачи масла к узлам трения и продолжительность этих перерывов с последующей записью ограничений по продолжительности работы без подачи масла в руководство по летной эксплуатации. Если для двигателей неманевренных летательных аппаратов, выполняющих в основном полеты по маршрутам, случаи, когда возможно прерывание подачи масла достаточно редки, например, попадание в зону турбулентности, то для двигателей маневренных летательных аппаратов условия работы с изменениями траекторных параметров, высоты, скорости и направления движения летательного аппарата являются фактически постоянными условиями. При перегрузках и эволюциях самолета нагрузки на подшипники двигателя могут увеличиваться. В случае, если одновременно с этим происходит прекращение подачи масла, условия работы подшипников ухудшаются в большей степени, несмотря на то, что подшипники качения менее чувствительны к перебоям в подаче масла, чем подшипники скольжения. Сочетание больших динамических нагрузок на подшипники и отсутствие в этот момент подачи масла увеличивают вероятность проскальзывания роликов относительно дорожек качения колец подшипников, что снижает срок их службы за счет повышенного износа роликов, колец подшипников и сепаратора. Для исключения прерывания подачи масла при перегрузках и эволюциях самолета могут применяться гидроаккумуляторы, однако, небольшая емкость этих устройств и усложнение конструкции масляной системы не позволяют серьезно рассматривать их

при проектировании. Наиболее эффективный метод, применяемый в настоящее время, это разработка масляных баков с отсеком отрицательных перегрузок. Анализ существующих конструкций показал, что отсек отрицательных перегрузок отделен в масляном баке от основной емкости и как правило, занимает порядка 15-20 % от нее, что не позволяет обеспечить время непрерывной подачи масла при воздействии перегрузки более 20 секунд.

Сущность предлагаемого методического подхода к проектированию заключается в формировании граничных условий при создании масляного бака и использовании программ, позволяющих разрабатывать конструкцию в виде 3D модели, например, UG NX с последующим моделированием заполнения емкости маслом и формированием отсека отрицательных перегрузок такой конфигурации, при которой используется вся емкость масляного бака, а заборник масла постоянно находится в масляном ядре. Это достигается путем расположения 3D модели в различных пространственных положениях, исходя из граничных условий, и отслеживанием положения заборника относительно масляного ядра, что позволяет обеспечить непрерывность подачи масла при работе двигателя в различных пространственных положениях практически неограниченное время.

В данной работе рассмотрены две конструкции масляных баков, приведено описание подхода к испытаниям, а также результаты сравнительных испытаний на лабораторной установке по предлагаемой методике.

1. Описание методического подхода к испытаниям масляных баков

С целью проверки правильности предположений о фактическом прекращении подачи масла к подшипникам при работе двигателя в составе маневренного самолета была разработана лабораторная установка, приведенная на рис. 1, для имитации возможных пространственных положений масляного бака работающего в составе двигателя.

Масляный бак крепится на часть корпуса двигателя, установленного на двух осях вращения по принципу гироскопа, для обеспечения одновременного вращения в двух плоскостях. Для фиксации положений масляного бака в плоскостях вращения установлены лимбы, в которых сделаны отверстия с равными угловыми положениями 15 град. С целью обеспечения прокачки масла через масляный бак в установке применен масляный насос двигателя, подключенный по схеме на рис. 2. Масляный насос приводится от электродвигателя через редуктор и обеспечивает параметры по расходу масла и давлению,

соответствующие параметрам при работе в составе двигателя. Суфлирование масляного бака при работе установки осуществляется через встроенный суфлер и гибкий шланг в отдельно вынесенную емкость.

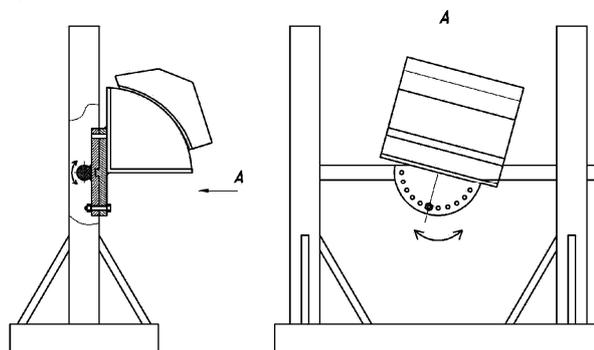


Рис. 1. Лабораторная установка с установленным на ней масляным баком

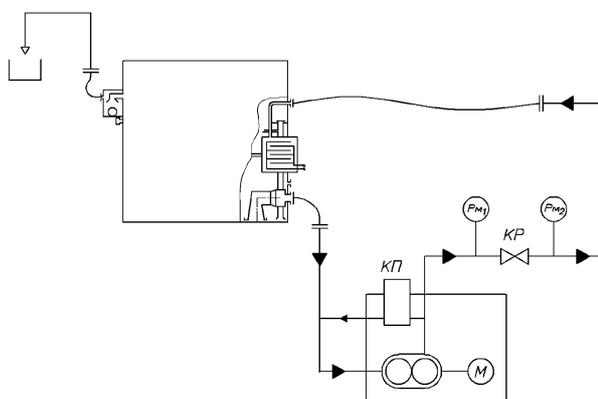


Рис. 2. Схема подключения масляного бака установленного на лабораторной установке

Установка позволяет имитировать положения свободной поверхности масла, которые определяются углом между перпендикуляром к поверхности масла и вектором силы тяжести, при горизонтальном полете с разгоном и торможением, наборе высоты с разгоном и торможением, снижении с разгоном и торможением, левом и правом крене со скольжением на крыло, а также при перевернутом полете. Таким образом, с применением установки можно моделировать практически все случаи полета с отрицательными и положительными перегрузками, за исключением околонулевой перегрузки, когда положение свободной поверхности масла в масляном баке носит статически неопределимый характер.

В качестве объекта испытаний на лабораторной установке были выбраны две конструкции маслобаков, условно названные маслобак 1 и маслобак 2. Указанные масляные баки предназначены для работы в одноконтурной циркуляционной масляной системе закрытого типа с теплообменником.

2. Описание методического подхода к проектированию масляных баков и результаты сравнительных испытаний

Маслобак 1 на рис. 3, спроектирован по классической схеме с объемом масла, обеспечивающим работоспособность двигателя при полетах с максимальной продолжительностью. Определение объема масла циркулирующего в масляной системе двигателя проводилось по формуле:

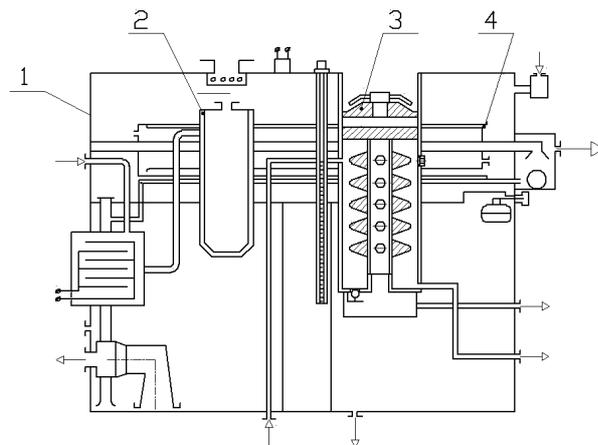
$$V_{\Sigma} = V_{\text{запр}} + V_{\text{дв}} + \sum V_{\text{пер}}$$

где $V_{\text{запр}}$ – объем масла в баке;

$V_{\text{дв}}$ – объем масла, которое уходит при первой прокрутке на заполнение магистралей, фильтров, отстойников, теплообменников;

$\sum V_{\text{пер}}$ – объем масла, которое накапливается в результате перемещения свободной поверхности масла в отстойниках с отклонением от места расположения входных участков трубопроводов откачки при длительном действии на двигатель полетных перегрузок.

Прототип маслобака 1 серийно производится и эксплуатируется в составе самолета.



1-корпус; 2-воздухоотделитель; 3-фильтр; 4-суфлер

Рис. 3. Конструктивная схема маслобака 1

Конструкция масляного бака включает в себя встроенные внутрь, воздухоотделитель, систему суфлирования, систему с отсечным клапаном, обеспечивающую закрытую заправку маслом, масляный фильтр с тонкостью фильтрации 40 мкм, сигнализатор стружки. Отсек отрицательных перегрузок отделен от основной емкости перегородкой.

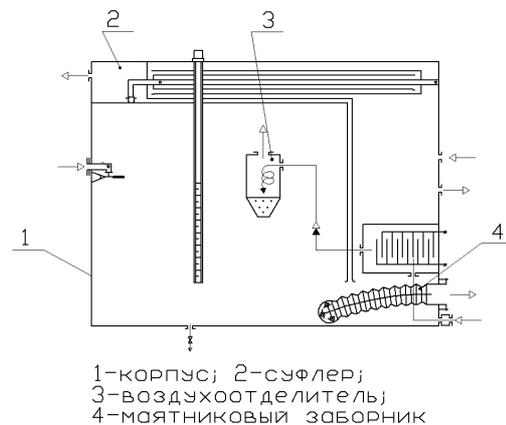
Разработанный маслобак 1 был установлен на лабораторную установку и подвергнут испытаниям по программе, предусматривающей оценку работоспособности при вращении его с шагом 45 град. вокруг осей и при одновременном вращении вокруг

двух осей. Таким образом, была охвачена вся сфера положений масляного бака в пространстве.

В результате испытаний выявлены несколько пространственных положений масляного бака, характерных для эксплуатационной области полета маневренного самолета, при которых происходит падение давления масла до 0,2 кгс/см² и одно положение, в котором наблюдается интенсивный выброс масла через систему суфлирования.

Таким образом, маслобак 1 не обеспечивает непрерывную подачу масла в двигатель в широком диапазоне режимов полета маневренного летательного аппарата, в результате двигатель эксплуатируется с ограничениями по времени работы не более 15 с в этих областях полета.

Маслобак 2 проектировался с учетом нового методического подхода. В программном комплексе Unigrafics NX была разработана 3D модель масляного бака с условием того, что по габаритным, присоединительным размерам и стыковочным места конструкция маслобака 2 должна соответствовать конструкции маслобака 1. Имитируя наполнение масляного бака жидкостью конструкция была оптимизирована с целью обеспечения непрерывной подачи масла в двигатель. Конструктивная схема приведена на рис. 4.



1-корпус; 2-суфлер; 3-воздухоотделитель; 4-мятниковый заборник

Рис. 4. Конструктивная схема маслобака 2

Отличия в конструкции от маслобака 1 заключаются в том, что масляный фильтр с тонкостью фильтрации 40 мкм вынесен за пределы корпуса бака, в конструкцию введен гибкий заборник с металлической массой на конце, воздухоотделитель, элементы системы суфлирования и заправки, а также другие конструктивные элементы, сосредоточены в небольшой локальной зоне, отделенной негерметичной перегородкой, исключен отдельный отсек отрицательных перегрузок, поскольку весь объем масла доступен для заборника.

Проведенные специальные стендовые испытания масляного бака 2 на лабораторной установке по программе однотипной с программой маслобака 1 показали, что непрерывность подачи масла обеспе-

чивается при любом пространственном положении масляного бака в составе двигателя, характерном для эксплуатационных областей полета маневренного самолета. Падение давления масла произошло только в одном положении, соответствующем вертикальному падению с ускорением самолета хвостовой частью вперед в перевернутом положении.

Анализ режимов полета маневренных самолетов показал, что подобные режимы никогда не встречались при эксплуатации как опытных летательных аппаратов, так и серийных, поэтому не требуется проведения каких либо конструктивных изменений.

Таким образом, разработанная конструкция маслобака 2 обеспечит непрерывность подачи масла в двигатель, установленный в мотоотсеке самолета, при любых допустимых в эксплуатации режимах полета неограниченное время. Это позволит не только снять ограничения из руководства по летной эксплуатации, но и обеспечит возможность применения новых режимов полета.

Выводы

Предлагаемый методический подход к проектированию и испытаниям масляных баков позволяет разрабатывать конструкции, обеспечивающие непре-

рывную подачу масла в двигатели маневренных летательных аппаратов на всех режимах эксплуатации, что существенно повышает надежность подшипников двигателя и летные характеристики летательного аппарата в целом. Происходит существенная экономия средств и времени на доводку масляного бака, поскольку проблемные вопросы выявляются и могут быть устранены до начала летных испытаний.

Литература

1. Бич, М.М. Смазка авиационных газотурбинных двигателей [Текст]: моногр. /М.М. Бич, Е.В. Вейнберг, Д.Н. Сурнов. – М.: Машиностроение, 1979. – С. 43-46.
2. Масляные системы авиационных двигателей Атлас принципиальных схем [Текст]. – М.: ЦИАМ, 1975.- 42 с.
3. Экспериментальные исследования элементов системы смазки ГТД с целью повышения их надежности и упрощения обслуживания [Текст]: отчет об испытаниях. – М.: ЦИАМ, 1971. – Инв. № б/н. – 35 с.
4. Анализ маслосистем современных отечественных двигателей и их эксплуатационных особенностей [Текст]: отчет об испытаниях. – Жуковский: ЛИИ, 1975. – Инв. № б/н. – 51 с.

Поступила в редакцию 27.05.2013, рассмотрена на редколлегии 13.06.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.А. Гейкин, директор филиала «НИИД» ФГУП «НПЦ газотурбостроения «Салют», Москва, Россия.

МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ДО ПРОЕКТУВАННЯ ТА ВИПРОБУВАНЬ МАСЛЯНОГО БАКА ДЛЯ ДВИГУНА МАНЕВРЕНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ

Н.С. Сичьова, С.О. Родюк

Розглядається новий методичний підхід до проектування масляних баків і перевірки їх працездатності перед початком спеціальних стендових і льотних випробувань в земних умовах з імітацією близьконульових та негативних перевантажень, що виникають при виконанні польоту маневреного літака на спеціальній установці. Викладається практика, що склалася, проектування та проведення спеціальних стендових і льотних випробувань для оцінювання розробленої конструкції, а також результати порівняльних випробувань двох конструкцій масляних баків, розроблених за старою та новою методикою.

Ключові слова: масляний бак, проектування, спеціальна установка, стендові випробування, конструкція, близьконульові та негативні перевантаження, маневрений літальний апарат, літак, двигун.

NEW APPROACH FOR DESIGNING AND TESTING AN OIL TANK OF A HIGHLY MANEUVERING AIR VEHICLE ENGINE

N.S. Sycheva, S.A. Rodyuk

In this article a new method proposed for designing oil tanks and testing their operability before special rig and flight tests start. It includes imitations of highly maneuvering flights resulting to negative and zero gravitational forces on a special device. Discussed rooting design practices and rig and flight tests for flight vehicles validations as well as results of two oil tank structures test comparisons that were developed by previous and new one methods.

Key words: oil tank, design, special device (rig), rig tests, structure, zero and negative gravitational forces, highly maneuvering flight vehicle, aircraft, engine.

Сычева Наталья Сергеевна – ведущий конструктор ФГУП «НПЦ газотурбостроения «Салют», Москва, Россия.

Родюк Сергей Алексеевич – главный конструктор ФГУП «НПЦ газотурбостроения «Салют», Москва, Россия.