

УДК 621.45.038

О КОНВЕРТИРОВАНИИ МАСЛЯНОЙ СИСТЕМЫ ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ

© 2015 А. А. Боев, О. А. Гришанов

Открытое акционерное общество «Кузнецов», г. Самара

В статье отмечается всё возрастающая роль газотурбинных установок на рынке электрической энергии и перекачки газа. Одним из вариантов производства таких установок является конвертирование авиационных двигателей в наземные приводы. Рассмотрены преимущества, получаемые при таком производстве. Описаны условия работы таких установок и наибольшие трудности при проектировании масляных систем для них. Консерватизм разработчиков авиационных двигателей не позволяет в полной мере осознать изменение требований для наземных установок, что приводит к несовершенству конструкции масляной системы при её перепроектировании для наземных условий. Представлены основные тенденции развития масляных систем наземных установок. Выделены три уровня конвертирования масляных систем: максимальный (максимально возможное использование существующей материальной части, при этом невозможно достичь высоких показателей ресурса двигателя), средний (сохраняется часть авиационных узлов масляной системы, не оказывающих решающего влияния на ресурс двигателя, а остальные перепроектируются под наземные условия эксплуатации), минимальный (полная замена элементов масляной системы для достижения максимальных эксплуатационных показателей).

Газотурбинный двигатель, конвертирование, масляная система, уровни конвертирования.

doi: 10.18287/2412-7329-2015-14-3-454-459

В последнее время в России возросла роль газотурбинных установок на рынке электрической энергии и перекачки газа. Одним из возможных вариантов получения газотурбинных установок является конвертирование авиационных двигателей.

Этот вариант объясняется рядом преимуществ перед традиционными схемами силовых установок [1].

1. Относительно малые габариты и масса, блочная конструкция, что позволяет достаточно просто и мобильно осуществлять транспортировку, монтаж, введение в эксплуатацию, ремонт и замену двигателей, особенно в труднодоступных регионах, удалённых от баз снабжения и транспортных магистралей.

2. Высокие показатели надёжности и КПД базовых газотурбинных двигателей (ГТД) относительно легко обеспечивают применение их модификаций в новых специфических условиях эксплуатации, в различных климатических условиях, обеспечивая приемлемые показатели безотказности и ресурса.

3. В конвертировании ГТД широко используются детали и элементы, исчерпавшие в авиации свой ресурс. Расходы на обслуживание этих двигателей в эксплуатации сравнительно ниже.

4. Простота обслуживания, высокая эксплуатационная технологичность, ремонтпригодность, степень автоматизации систем управления, регулирования и контроля позволяют иметь минимальный персонал эксплуатационников.

5. Полная автономия двигательного блока, работа двигателя на различных топливах и маслах.

6. Относительно низкая стоимость двигателя, сжатые сроки и сравнительно небольшие затраты при его создании и доводке, высокая степень унификации с базовым авиационным двигателем.

Существует ошибочное мнение, что режим работы двигателей наземного применения ниже, чем авиационных. Это далеко не так. Несмотря на то, что у конвертируемых двигателей уровень рабочих температур газа ниже на 70...100°C, следует принимать во внимание, что авиационные двигатели самолётов на взлётном

режиме (как правило, режим максимальной мощности) вырабатывают не более 3% от установленного ресурса, а в наземном применении двигатели работают на номинальном режиме более 95% своего ресурса. Кроме того, общетехнические ресурсы конвертированных двигателей наземного применения на один - два порядка выше ресурсов работы авиационных двигателей. Они достигают 100000 часов [2].

Наибольшая трудность при проектировании масляной системы конвертированного ГТД – это отсутствие единого комплекса знаний, обосновывающих принципы проектирования масляной системы конвертированного ГТД.

Использование ОСТ1 00969-80, устанавливающего требования к масляной системе авиационных ГТД, для проектирования масляной системы конвертированного ГТД не позволяет достигнуть экономических показателей и требований, связанных с непрерывной эксплуатацией. Это вызвано следующими обстоятельствами:

1. В авиационных двигателях такой показатель, как часовой расход масла, не является первостепенно важным в экономическом плане, так как полёт продолжается всего несколько часов. В наземном применении ГТД имеет непрерывные циклы работы в сотни часов, поэтому этот показатель должен быть ограничен.

2. Непрерывная работа конвертированного двигателя в течение сотен часов на земле требует создания возможности обслуживания масляной системы без останова двигателя.

3. ОСТ1 00969-80 предъявляет более жёсткие требования, связанные с надёжностью, точностью изготовления и испытанием элементов масляной системы, а также требования, обусловленные высотными условиями эксплуатации. Очевидно, что это увеличивает стоимость изготовления двигателя.

4. При конвертировании авиационного двигателя по возможности следует

стремиться к использованию максимального количества деталей с базового изделия.

В современных конвертированных ГТД нашли применение различные типы схем масляных систем, обеспечивающие необходимые условия работы подшипниковых узлов в зависимости от назначения двигателя. Причём практически у каждого разработчика двигателя сложился свой отличительный стиль проектирования масляных систем. При этом разработчик старается вносить как можно меньше изменений в действующую конструкцию, меняя или дорабатывая только необходимое для выполнения требований, заданных заказчиком.

Особенностью масляных систем конвертированных авиационных ГТД является то, что они состоят из двух частей: агрегатов, расположенных непосредственно на двигателе, и агрегатов системы, размещённых в отдельном отсеке (система маслообеспечения) (рис. 1).

В настоящее время при проектировании масляных систем наземных газотурбинных приводов намечен ряд тенденций:

- расположение максимально возможного количества агрегатов в системе маслообеспечения;
- использование наиболее дешёвых и легкообрабатываемых материалов;
- замена приводных агрегатов непригодными (в системе суфлирования замена приводных центробежных маслоотделителей на статические маслоотделители и фильтры-сепараторы);
- изменение принципа подвода смазки к наиболее нагруженным подшипникам опор роторов, в значительной степени определяющих ресурс двигателя [3];
- исключение необходимости привода агрегатов от вала двигателя и переход к автономным электроприводным агрегатам;
- охлаждение масла в газомасляном теплообменнике.

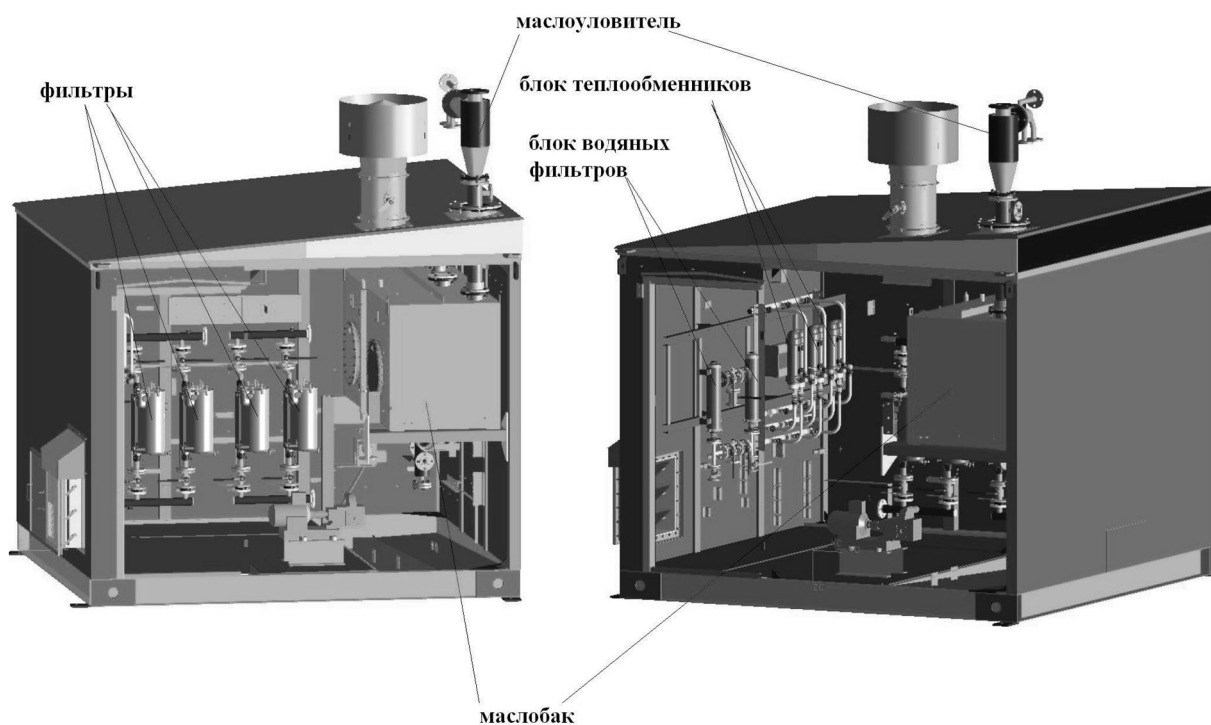


Рис. 1. Пример конструкции блока системы маслообеспечения

Очевидны три возможных уровня конвертирования масляных систем.

1. Максимальный (рис. 2). При таком уровне проектируются и изготавливаются только обязательные к изменению узлы масляной системы (масляный бак, теплообменник и дуплексные фильтры). К преимуществам такого метода стоит отнести максимальное использование материальной части авиационного двигателя. Главным недостатком является ограничение ресурса двигателя ресурсом деталей базового двигателя. Также ещё одним из недостатков является увеличение стоимости ремонта деталей и узлов, так как в случае поломки придётся их изготавливать по чертежам для авиационных двигателей (что необоснованно для наземного применения), или же затраты на проектирование деталей для наземного применения (например, замена материалов с титана на сталь).

Примером почти максимального уровня конвертирования масляной системы является двигатель НК-16СТ, созданный на базе авиационного двухконтурно-

го турбореактивного двигателя (ТРДД) НК-8. Помимо обязательных к перепроектированию агрегатов (маслобак, теплообменник и фильтры), в нём вновь проектируется суфлёр и откачивающий насос опоры турбины газогенератора, которые в базовом двигателе расположены внутри опоры, а на конвертированном вынесены на коробку приводов агрегатов. Также над маслобаком установлен дополнительный маслоотделитель типа «циклон» для уменьшения выбросов масла через систему суфлирования. Остальные элементы масляной системы и коробки приводов агрегатов сохраняются, что позволяет снизить общую стоимость двигателя. Межремонтный ресурс для двигателя НК-16СТ составляет 15000 часов, а полный ресурс 40000 часов.

2. Средний (рис. 3). В этом случае сохраняется часть авиационных узлов масляной системы, не оказывающих решающего влияния на ресурс двигателя, а остальные перепроектируются под наземные условия эксплуатации.

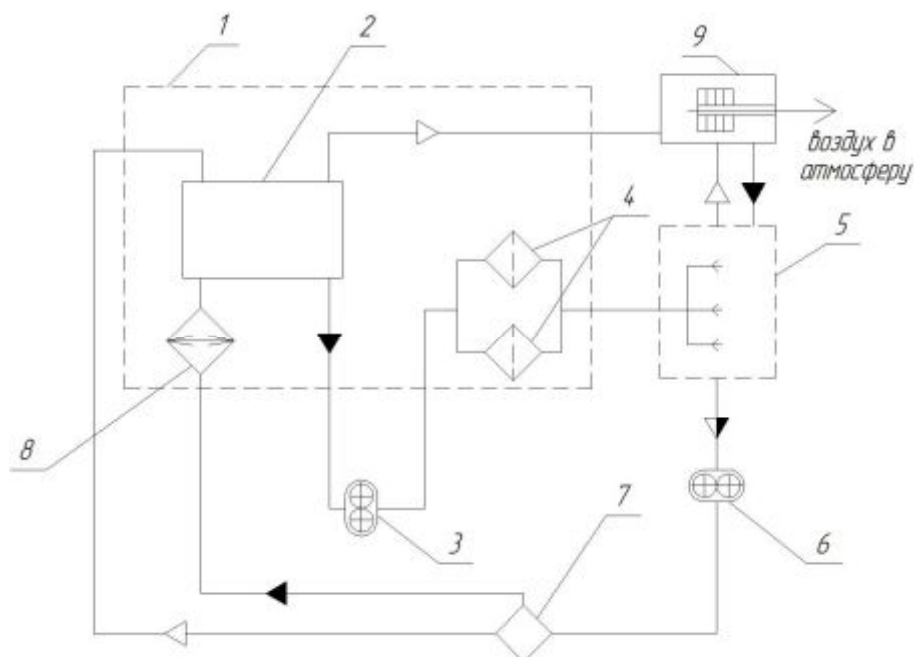


Рис. 2. Масляная система с максимальным уровнем конвертирования:
 1 – система маслообеспечения; 2 – маслобак; 3 – нагнетающий насос; 4 – блок фильтров;
 5 – опоры двигателя; 6 – откачивающий насос; 7 – воздухоотделитель; 8 – теплообменник;
 9 – маслоотделитель

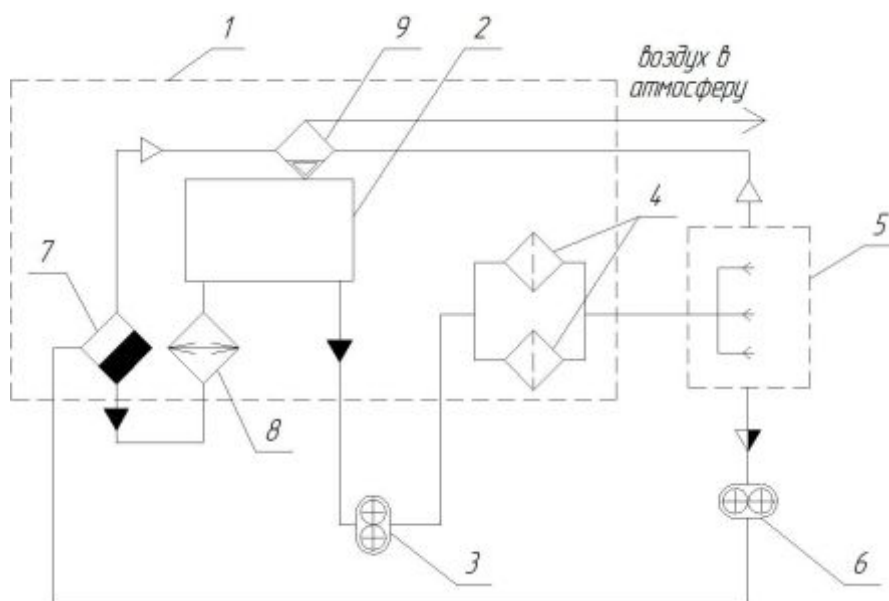


Рис. 3 Масляная система со средним уровнем конвертирования:
 1 – система маслообеспечения; 2 – маслобак; 3 – нагнетающий насос; 4 – блок фильтров;
 5 – опоры двигателя; 6 – откачивающий насос; 7 – воздухоотделитель; 8 – теплообменник;
 9 – маслоотделитель

Такой уровень конвертирования наиболее распространён при конвертировании ГТД. Для примера рассмотрим двигатель НК-36СТ, созданный на базе трёхкаскадного ТРДД НК-25. В данном двигателе конвертированы откачивающие насо-

сы, эжектор, суфлёр опоры турбины газогенератора. Остальные агрегаты и коробки приводов агрегатов проектируются заново, спроектирован также статический маслоотделитель. При этом в систему маслообеспечения вынесены только не-

приводные агрегаты. Это позволило лидерным двигателям достигнуть межремонтного ресурса в 20000 часов и назначенного – в 100 000 часов.

3. Минимальный (рис. 4). Полная замена приводных и неприводных агрегатов и перевод их в систему маслообеспе-

чения позволит достичь высоких эксплуатационных характеристик масляной системы и увеличить ресурс элементов масляной системы. Но при этом пропадает сам принцип конвертирования – повторное использование деталей и узлов авиационного двигателя.

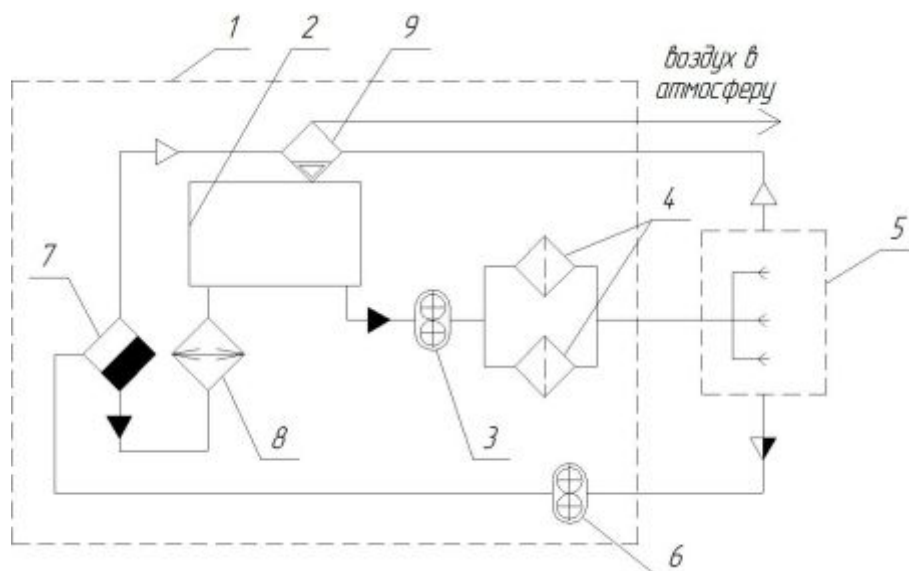


Рис. 4. Масляная система с минимальным уровнем конвертирования:
 1 – система маслообеспечения; 2 – маслобак; 3 – нагнетающий насос; 4 – блок фильтров;
 5 – опоры двигателя; 6 – откачивающий насос; 7 – воздухоотделитель; 8 – теплообменник;
 9 – маслоотделитель

Как правило, разработчики конвертированных ГТД стараются избегать таких вариантов преобразования масляных систем из-за повышения стоимости двигателя за счёт проектирования и изготовления новых элементов масляной системы.

В зависимости от требований заказчика к ресурсу и стоимости газотурбинной установки необходимо правильно оп-

ределять уровень конвертирования масляной системы и выбирать подходящий вариант.

Работа выполнена при финансовой поддержке Правительства Российской Федерации на основании Постановления Правительства РФ №218 от 09.04.2010.

Библиографический список

1. Медведев С.Д., Фалалеев С.В., Новиков Д.К., Балякин В.Б. Повышение эксплуатационной надёжности ГПА развитием конвертированных авиационных технологий. Самара: Самарский научный центр РАН, 2008. 371 с.
 2. Трянов А.Е. Особенности конструкции узлов и систем авиационных двигателей и энергетических установок: уч. по-

собие. Самара: Самарский государственный аэрокосмический университет, 2010. 203 с.
 3. Боев А.А., Петрухин А.Г., Шкловец А.О. О перспективном подводе масла к подшипниковому узлу ГТД // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15, № 6(4). С. 1022-1026.

Информация об авторах

Боев Александр Алексеевич, инженер-конструктор, Открытое акционерное общество «Кузнецов», г. Самара. E-mail: alex_boyev@mail.ru. Область научных интересов: масляные системы газотурбинных двигателей.

Гришанов Олег Алексеевич, начальник отдела, Открытое акционерное общество «Кузнецов», г. Самара. Область научных интересов: масляные системы газотурбинных двигателей.

CONVERSION OF GAS TURBINE ENGINE OIL SYSTEM

© 2015 A. A. Boev, O. A. Grishanov

Joint-Stock Company «KUZNETSOV», Samara, Russian Federation

The paper emphasizes the increasingly important role of gas turbines on the power generation and gas pumping market. One of the variants of manufacturing such power plants consists in the conversion of aircraft engines into industrial gas turbine drives. The authors review the advantages of this type of production. The paper describes the operating conditions of such gas turbines and major challenges encountered in designing oil systems for aeroderivatives of this type. Conservatism of aircraft engine developers does not make it possible to realize the changes in requirements to industrial power plants to the full extent, which results in imperfection of the oil system structure as it is re-designed for ground application. The paper presents the main trends in industrial gas turbine oil system development. Three levels of oil system conversion are defined: maximum (maximum possible application of the existing hardware, in which case achieving high gas turbine service life is impossible), medium (aircraft engine oil system components that do not significantly affect the engine life are partially preserved, while other components are re-designed for ground application), minimum (complete replacement of the oil system elements aimed at achieving the highest performance characteristics).

Gas turbine engine, conversion, oil system, levels of conversion.

References

1. Medvedev S.D., Falaleev S.V., Novikov D.K., Balyakin V.B. *Povyshenie ekspluatatsionnoy nadezhnosti GPA razvitiem konvertirovannykh aviatsionnykh tekhnologii* [Increasing functional reliability of gas pumping units due to the development of converted aircraft technologies]. Samara: Samara State Aerospace University Publ., 2008. 371 p.
2. Tryanov A.E. *Osobennosti konstruktsii uzlov i sistem aviatsionnykh dvigateley i energeticheskikh ustanovok* [Design features of aircraft engine and gas turbine components and systems. Assembly units and systems: Study guide]. Samara: Samara State Aerospace University Publ., 2010. 203 p.
3. Boev A.A., Petrukhin A.G., Shklovets A.O. About Promising Method Supply Oil to Bearing of Gas Turbine Engine. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN*. 2013. V. 15, no. 6(4). P. 1022-1026. (In Russ.)

About the authors

Boev Aleksandr Alekseevich, design engineer, Joint-Stock Company «KUZNETSOV», Samara, Russian Federation. E-mail: alex_boyev@mail.ru. Area of Research: oil systems of gas turbine engines.

Grishanov Oleg Alekseevich, Head of Department, Joint-Stock Company «KUZNETSOV», Samara, Russian Federation. Area of Research: oil systems of gas turbine engines.