

КОНСТРУКТИВНАЯ ОСОБЕННОСТЬ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ И ЕЕ ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

К. А. Асанбеков,

доц., канд. техн. наук,

Е. А. Сутормин,

ст. преподаватель,

Д. В. Хайрулин,

студент 3-го курса,

М. С. Глущенко,

студент 2-го курса ЕАДК

Уральский федеральный университет им. первого президента России Б. Н. Ельцина,
г. Екатеринбург

Проанализирована актуальность и принципиальная особенность работы с выходными показателями газотурбинных двигателей по сравнению классическими двигателями внутреннего сгорания в современных условиях эксплуатации. Рассмотрен принцип работы и обоснованы режимы работы газотурбинных двигателей. Приведены и проанализированы сравнительные оценки вредных выбросов в атмосферу с отработавших газов газотурбинного двигателя с поршневыми двигателями. Рассмотрены эффективность эксплуатации и перспективы газотурбинных двигателей в различных эксплуатационных условиях.

Ключевые слова: газотурбинный двигатель, эксплуатация, конструкция, условия эксплуатации, турбина, компрессор, гибридные транспортные средства, газы, топливо.

DESIGN FEATURES AND OPERATION OF GAS TURBINE ENGINES IN AUTOMOTIVE TRANSPORT AND ITS DEVELOPMENT PROSPECTS

This work analyzes the relevance and fundamental features of working with the output indicators of gas turbine engines in comparison with classical internal combustion engines in modern operating conditions. The work also examines the operating principle and substantiates the operating modes of gas turbine engines. Comparative estimates of harmful emissions into the atmosphere from

the exhaust gases of a gas turbine engine with piston engines are presented and analyzed. The operating efficiency and prospects of gas turbine engines in various operating conditions are considered.

Keywords: *gas turbine engine, operation, design, operating conditions, turbine, compressor, hybrid vehicles, gases, fuel.*

В настоящее время классические ДВС (поршневые, бензиновые и дизельные) получили огромное распространение, однако они, как правило, достигли своего технологического пика и принципиально их конструкция уже не меняется. Увеличение КПД классического ДВС достигается повышением степени сжатия, температуры сгорания топлива и создания избыточного давления воздуха, поступающего в цилиндр, с помощью использования нагнетателя. Но и температура сгорания топлива, и степень сжатия ограничены свойствами конструкционных материалов, что ставит потолок в КПД, для бензиновых двигателей 25–30 %, а для дизельных – 30–40 % [1]. Основной расход топлива приходится на фазу разгона, когда его подача в цилиндр максимальна, при устоявшемся режиме работы подача топлива сокращается в 3–5 раз.

Поэтому для повышения эксплуатационных показателей развитие получили гибридные ТС, в которых отсутствует жесткая механическая связь между ДВС и двигателем. В гибридах ДВС работает на оптимальных оборотах и приводит в действие электрогенератор, который заряжает аккумулятор, он, в свою очередь, служит источником энергии для электродвигателей ведущих колес. Однако главным источником энергии все так же служит классический ДВС, минусами которого являются: 1) высокая степень выбросов, вырабатываемых во время езды, на передвижение машины уходит лишь 15 % горючего материала, отработанные газы включают в себя сотни вредных компонентов, тяжелых металлов и производных углеводорода; 2) необходимость обслуживающих систем: система смазки, охлаждения; 3) замена рабочих жидкостей, расходных материалов, деталей при определенном пробеге; 4) большое количество деталей, большой размер двигателя; 5) реализация различных тактов (сжатие, «сгорание топлива», рабочий ход, выпуск отработанных газов) в одной камере (цилиндре); 6) высокий уровень шума и вибраций при работе; 7) использование КШМ для

преобразования поступательной энергии поршня во вращательную энергию коленвала; 8) использование ГРМ, он приводится в действие за счет движения коленчатого вала [2].

Альтернативой классическому ДВС является газотурбинный двигатель. *Газотурбинный двигатель* (ГТД) – тепловой двигатель, в котором газ сжимается и нагревается, а затем энергия сжатого и нагретого газа преобразуется в механическую работу на валу газовой турбины.

ГТД отличаются тем, что тепловой цикл в них происходит последовательно в отдельных агрегатах: воздух засасывается через входное устройство, сжимается в компрессоре, впрыснутое форсункой топливо сгорает в камере сгорания (рис. 1). Часть энергии газа используется в турбине привода компрессора, остальная же ее часть – в тяговой турбине. Именно эта последняя энергия, превращенная в работу, является полезной – она передается через редуктор (рис. 2).

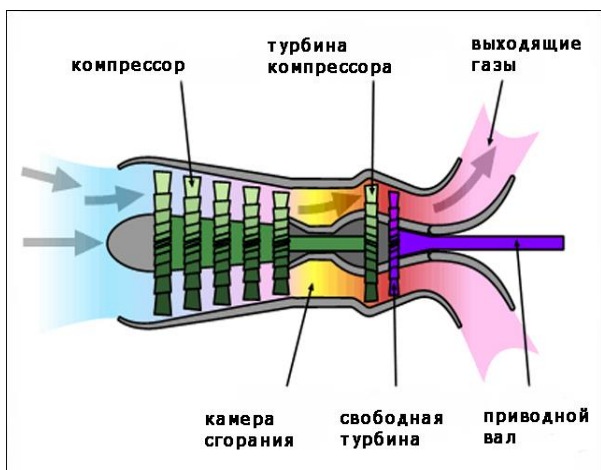


Рис. 1. Схема работы ГТД

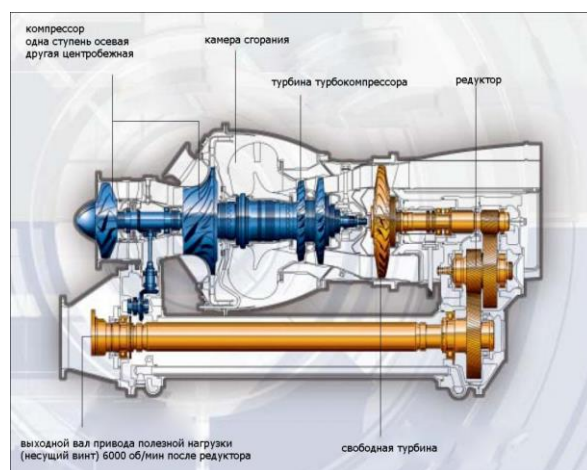


Рис. 2. Компоновка ГТД с редуктором для перенаправления крутящего момента

В современных ГТД КПД компрессоров и турбин соответственно составляет 0,88–0,9 и 0,9–0,92; температура газа перед турбиной в транспортных и стационарных ГТД составляет 1100–1200 К, а в авиационных достигает 1600 К. Эксплуатация таких установок в современных условиях стационарной энергетике и на транспорте показала, что при утилизации тепла отходящих газов и высоком совершенстве основных элементов их эффективный КПД достигает 45–50 %.

ГТД могут работать на газообразном топливе (природном газе, попутных

и побочных горючих газах, газогенераторных газах, газах доменных и сажевых печей и подземной газификации); на жидком топливе (керосине, газойле, дизельном топливе, мазуте); твердом топливе (угольной и торфяной пыли) [3].

ГТД устанавливается на танк, Т-80, эксплуатация в войсках показывает, что ресурс танкового ГТД почти в 2–3 раза выше, чем у дизельных двигателей, вследствие уравновешенности и меньшего количества деталей. Очень важны и такие эксплуатационные показатели: а) время подготовки танка к работе, особенно пуск ГТД при низких температурах окружающего воздуха, в несколько раз меньше, чем дизельного двигателя; б) проведенные за рубежом исследования установили, что уровень шумности у ГТД вдвое ниже дизеля; в) вредные выбросы ГТД значительно ниже чем у поршневого ДВС за счет большей полноты сгорания топлива (табл. 1)

Эти конструкционные и эксплуатационные особенности ГТД позволяют рассматривать двигатель данной конструкции как перспективный вариант замены классическому ДВС (табл. 2).

Таблица 1

Вредные выбросы поршневого и газотурбинного ДВС

Двигатель	Содержание в отработавших газах, г/квт ч	
	HC+NOX	CO
дизель без наддува	22	8,2
дизель с турбонаддувом	10,3	6,8
дизель с разделённой камерой сгорания	8–11	13,5–4,0
ГТД (2 S/350K фирмы «Бритиш Лейланд»)	3,8	3,5
<i>Примечание: предельная норма штата Калифорния по HC+NOX=6,8 г/квт ч</i>		

Таблица 2

Стоимость эксплуатации ГТД и дизеля

Общая стоимость эксплуатации	ГТД	Дизель
На один час эксплуатации (в долларах)	44,44	53,3
На одну л.с. (в долларах)	300,22	360,6

Целесообразно устанавливать ГТД в совокупности с электротрансмиссией на ТС, предназначенные для эксплуатации в тяжелых условиях, перевозки грузов

или пассажиров. Там, где размер и вес ГТД будут составлять важную роль при проектировании ТС, где нужна возможность питания различными видами топлива, легкий запуск при отрицательных температурах и малое количество вредных выбросов. Это могут быть как арктические вездеходы «Русак», требующие беспроблемного пуска при экстремально низких температурах, использующие электротрансмиссию для достижения оптимальных тяговых показателей. Так и в грузовых автомобилях (автопоезда), в которых требуется высокая мощность для перевозки большого полезного груза на дальние расстояния, а применение электромоторов позволяет при движении в горных условиях эксплуатации разгрузить тормозную систему и регенерировать энергию. В городских условиях эксплуатации также требуются гибридные ТС, так как ГТД имеет значительно меньшие вредные выбросы, шумность, размеры. А возможность подзаряжать аккумулятор при небольших пробегах без использования ГТД значительно снижает коммерческие затраты на эксплуатацию транспорта такого рода.

Из вышесказанного можно сделать следующие выводы:

- эксплуатация ГТД в современных условиях стационарной энергетике и на транспорте показывает, что при утилизации тепла отходящих газов и высоком совершенстве основных элементов их эффективный КПД достигает 45–50 %;
- ресурс танкового ГТД почти в 2–3 раза выше, чем у дизельных двигателей, вследствие уравновешенности и меньшего количества деталей;
- вредные выбросы ГТД значительно ниже чем у поршневого ДВС за счет большей полноты сгорания топлива;
- целесообразно устанавливать ГТД в совокупности с электротрансмиссией на ТС предназначенные для эксплуатации в тяжелых условиях, перевозки грузов или пассажиров.

Список литературы

1. КПД двигателя внутреннего сгорания. URL: <https://avto-blogger.ru> (дата обращения: 15.11.2023).
2. Плюсы и минусы двигателя внутреннего сгорания. URL: <https://plusiminusi.ru> (дата обращения: 15.11.2023).

3. Военное обозрение. Что для танка лучше – газовая турбина или дизель. URL: <https://topwar.ru> (дата обращения: 15.11.2023).