

УДК 621.43.011.001.57

Мунштуков Д.А., Эрсмамбетов В.Ш.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ НАДДУВА С ВОЛНОВЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ
ЭНЕРГИИ ДЛЯ МАЛОМОЩНОГО АВИАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЯ
ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Создание малоразмерных летательных аппаратов, используемых как индивидуальное транспортное средство, требует разработки надежных и легких двигателей внутреннего сгорания, обладающих повышенной мощностью и обеспечивающих требуемый запас высотности. Одним из способов повышения мощности и обеспечения высотности является наддув. Наддув может осуществляться с помощью приводного нагнетателя либо турбокомпрессором, использующим энергию отработавших газов для сжатия воздуха.

Наддув с использованием приводного нагнетателя требует затрат значительной мощности на привод, поэтому механический и эффективный КПД двигателя уменьшается по сравнению с безнаддувным вариантом. Наддув с газовой связью осуществляется путем срабатывания части энергии отработавших газов на турбине, что не приводит к уменьшению механического КПД. За счет этого он позволяет повысить эффективный КПД и снизить удельный эффективный расход топлива. Этот вид наддува является наиболее перспективным для использования в авиационных двигателях. Однако некоторые недостатки турбонаддува затрудняют его использование, главным из которых является инерционность его при изменении режима работы.

Одним из способов наддува с газовой связью является также наддув с использованием волнового преобразователя энергии.

Волновой преобразователь энергии функционально подобен турбокомпрессору, однако отличается от него принципом действия. Если в турбокомпрессоре передача энергии от отработавших газов к воздуху осуществляется посредством преобразования ее во вращательное движение ротора, то в волновом преобразователе энергии сжатие происходит с помощью вали сжатия и разрежения при непосредственном контакте сред. Такой принцип действия обуславливает некоторые преимущества перед турбокомпрессором, что делает целесообразным применение его в авиационных двигателях. К ним относятся:

- высокая приемистость, поскольку нет зависимости времени реакции системы от момента инерции ротора;
- благоприятная внешняя характеристика, обеспечивающая более высокий крутящий момент со снижением частоты вращения вала двигателя, чем турбокомпрессор;
- пониженная токсичность отработавших газов двигателя;
- более простая конструкция.

Сравнение приемистости двигателя с волновым преобразователем энергии и с турбокомпрессором показало, что изменение давления наддува при использовании турбокомпрессора происходило за 4 с, в то время как волновой преобразователь энергии обеспечивает 0,8 с /I/. Это объясняется тем, что если в турбокомпрессоре изменение давления наддува происходит со скоростью газового потока плюс время раскрутки ротора, то в волновом преобразователе энергии — со скоростью звука. Благодаря быстрому реагированию улучшаются динамические характеристики, что способствует повышению надежности и безотказности эксплуатации авиационного двигателя.

Испытания двигателя с волновым преобразователем энергии показали, что он обеспечивает более высокий крутящий момент при по-

ниженной частоте вращения ротора, чем турбокомпрессор. Применение наддува с волновым преобразователем энергии показало, что при увеличении мощности двигателя на 40% по сравнению с безнаддувным двигателем, он обеспечивает возрастание крутящего момента на 60 - 70% на 50% номинальных оборотов. Мощность при этом повышалась на 40%. Испытания двигателя с волновым преобразователем энергии показали, что даже на оборотах холостого хода может быть достигнуто 90% от максимального крутящего момента. В авиационном двигателе, который большую часть времени работает на крейсерском режиме, т.е. при пониженной частоте вращения, это способствует уменьшению расхода топлива.

Волновой преобразователь энергии позволяет осуществить рециркуляцию отработавших газов, что снижает токсичность их на 40% /1/. При нынешнем экологическом состоянии атмосферы создание конкурентноспособного авиационного двигателя не может осуществляться без учета международных требований к уровню токсичности выхлопа.

Волновой преобразователь энергии имеет более простую конструкцию чем турбокомпрессор, поскольку главным элементом в нем является цилиндрический ротор с прямыми, направленными вдоль оси лопатками. Кроме того, частота вращения его на порядок меньше, чем аналогичного турбокомпрессора. Поскольку ресурс подшипников обратно пропорционален частоте вращения, то эксплуатационная надежность волнового преобразователя энергии выше. Для двигателей малых мощностей создание эффективного турбонаддува представляет собой очень сложную задачу вследствие возрастания потерь на перетекания через зазоры и резкого возрастания частоты вращения. В этих условиях наиболее благоприятным является использование волнового преобразователя энергии.

В настоящее время волновой преобразователь энергии начинает

применяться в основном в автомобильных двигателях. В 1991 году начал серийный выпуск автомобилей "*Mazda*" с волновыми преобразователями энергии. Есть сообщения о выпуске автомобилей с такими двигателями фирмой "*Opel*". Фирма "*Brown Boveri*" серийно производит 12 типоразмеров преобразователей энергии.

В 1993 году были начаты исследования по использованию волнового преобразователя энергии для авиационного двигателя внутреннего сгорания. С этой целью создана математическая модель газодинамических процессов в двигателе внутреннего сгорания. С помощью нее и математической модели процессов в волновом преобразователе энергии /2/ проводились расчеты по определению высотной и внешней скоростной характеристики всего двигателя. Совместные точки работы двигателя и агрегата наддува находились графическим путем. В результате расчетов получена приближенная высотная характеристика, которая не является наилучшей, поскольку проведение оптимизации с помощью столь трудоемкого метода, как графический представляет собой сложную задачу. Для получения более точной характеристики, а также с целью оптимизации необходимо использование математической модели, описывающей совместный процесс в двигателе и волновом преобразователе энергии. Такая модель была создана в ХАИ и использовалась на ЭВМ БЭСМ-6. Трансформация модели для использования на персональных средствах типа IBM PC/AT-386 требует проведения дальнейших работ по программированию и отладке. Далее на основе численных исследований может быть определена наиболее оптимальная характеристика двигателя, а также закон регулирования наддува по высоте.

Параллельно могут быть проведены экспериментальные исследования на стенде по согласованию режимов работы двигателя и агрегата наддува и определению прежде всего динамических характеристик двигателя, которые трудно моделировать математически. С этой целью

выполнены расчеты всех геометрических параметров и разработан рабочий проект волнового преобразователя энергии, предназначенного для наддува авиационного двигателя, выполненного на базе серийного МВМЗ-245. Предполагается изготовить экспериментальный образец этого агрегата наддува и провести стендовые испытания. Такая работа требует, однако, значительных затрат на изготовление и создание стенда для испытаний двигателя, а также приобретение самого двигателя.

Проведенная работа по созданию авиационного поршневого двигателя с наддувом волновым преобразователем энергии является только первым шагом в создании данной энергетической установки. Для получения хороших результатов и разработки надежной и безотказной двигательной установки необходимо проведение дальнейших работ по оптимизации параметров наддува и всесторонних экспериментальных исследований.

Список использованных источников.

1. Изучение особенностей нестационарного движения среды в транспортных энергосиловых установках посредством математических и физических моделей. Волновые преобразователи энергии – назначение и перспективы использования. / Харьк. авиац. ин-т. Руководитель темы Д.А.Мунштуков. – № ГР81056980; инв. № 0284.0071385.
2. Ляшенко А.М., Мунштуков Д.А., Эрсамбетов В.Ш. Уточнение модели движения двухкомпонентной среды в волновом обменнике давления /Газотермодинамика многофазных потоков в энергоустановках. Харьков, 1989, с. 13-19.