

ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЙ МЕХАНИЗМ РОТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ТУРБОКОМПРЕССОРНОГО ТИПА

А. Н. Токарев, И. А. Сильченко

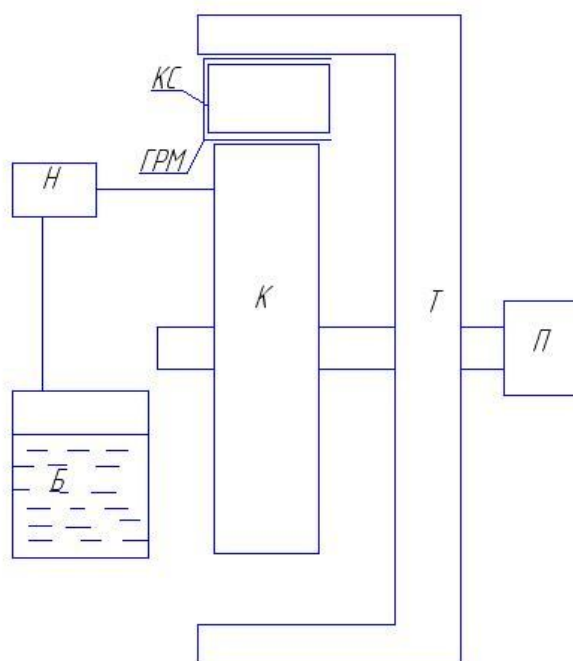
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

На Автотранспортном факультете АлтГТУ разработана конструкция роторного двигателя внутреннего сгорания турбокомпрессорного типа. Двигатель представляет собой комбинацию газовой турбины и поршневого двигателя внутреннего сгорания. По конструктивной схеме он напоминает газотурбинный двигатель, т. к. имеет компрессор, турбину и камеру сжатия-сгорания расположенную между компрессором и турбиной, а по принципу работы – поршневой двигатель внутреннего сгорания. Сгорание топлива в камере сгорания происходит не постоянно, как в газовой турбине, а порционно. Конструкция защищена несколькими патентами [1]. Принцип работы роторного двигателя (РД) состоит в том, что, как и у газовой турбины, на одном валу установлен компрессор и турбина, между которыми имеется камера сгорания (см. рисунок 1). Внутри камеры сгорания имеется газораспределительный механизм, позволяющий в нужный момент впускать в камеру сгорания сжатую компрессором рабочую смесь и выпускать ее в момент, когда в камере сгорания воспламеняется рабочая смесь. Горящая рабочая смесь, выходя из камеры сгорания, воздействует на рабочий ротор турбины, заставляя его вращаться. Избыточная мощность, получаемая на валу двигателя, может быть использована потребителем.

Подробное описание конструкции и принципов работы РД были изложены ранее, а в данной статье приводится расчет процесса продувки камеры сгорания [2,3].

Газораспределительный механизм РД представляет собой газораспределительный стакан 8, вращающийся в полости камеры сгорания 4, со скоростью, равной скорости вращения вала двигателя (рисунок 2). В газораспределительном стакане имеется окно 13. В рабочем кольце 7 РД также имеются впускное 5 и выпускное 6 окна. При вращении газораспределительного стакана 8 его окно 13 поочередно совмещаются с окнами 5 и 6 рабочего кольца 7. При совмещении с впускным окном 5 происходит впуск рабочей смеси в камеру сгорания, а при совмещении с выпускным окном 6 – выпуск горячей рабочей

смеси из камеры сгорания 4 в рабочую полость 14 турбины РД.

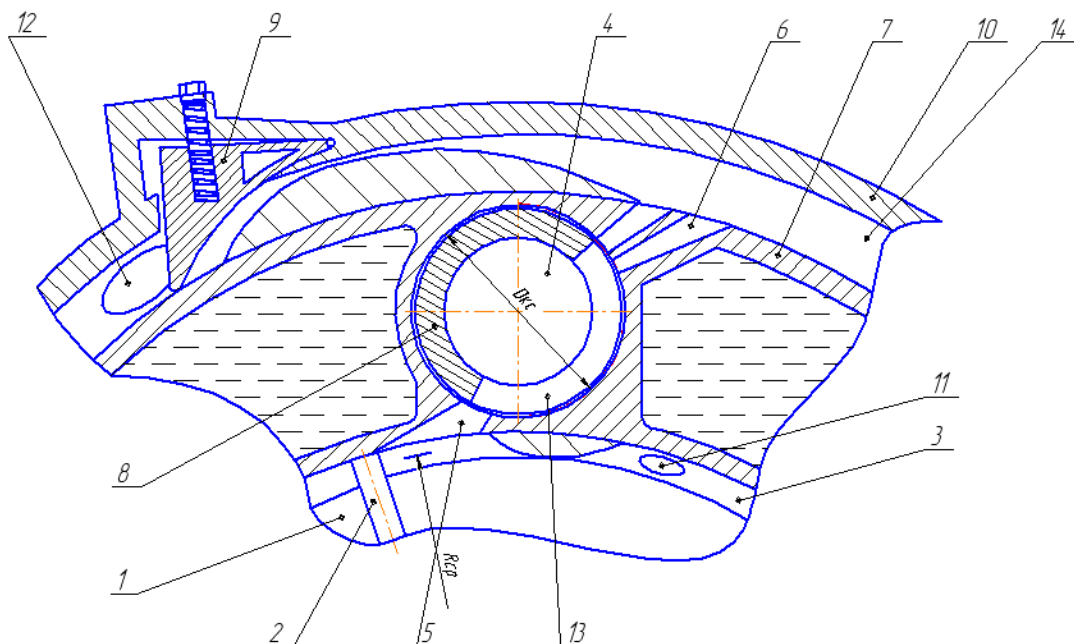


К – компрессор, КС – камера сгорания,
ГРМ – газораспределительный механизм,
Т – турбина, Б – бак с топливом, Н – насос,
П – потребитель

Рисунок 1 – Принципиальная схема РД

Для обеспечения рабочего процесса двигателя необходим процесс освобождения камеры сгорания от отработавших газов, т. е. процесс продувки. Этот процесс возможен только при одновременном открытии как впускного 5, так и выпускного 6 окон рабочего кольца. Продолжительность процесса продувки должна быть такой, чтобы с одной стороны полностью вытеснить из камеры сгорания выхлопные газы, а с другой – не допустить чтобы рабочая смесь вышла наружу из камеры сгорания, т. к. в этом случае будет потеря рабочей смеси со всеми вытекающими отсюда последствиями (снижение мощности, увеличение расхода топлива).

ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЙ МЕХАНИЗМ РОТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ
ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ТУРБОКОМПРЕССОРНОГО ТИПА



1 – ротор компрессора, 2 – рабочая заслонка компрессора, 3 – рабочая полость компрессора, 4 – камера сгорания, 5 – впускное окно, 6 – выпускное окно, 7 – рабочее кольцо, 8 – газораспределительный стакан, 9 – рабочая заслонка турбины, 10 – турбина, 11 – впускной канал, 12 – выпускной канал, 13 – окно газораспределительного стакана, 14 – рабочая полость турбины

Рисунок 2 – Газораспределительный механизм роторного двигателя

Исходя из конструкции двигателя величина угла продувки камеры сгорания будет зависеть, в основном, от угла открытого состояния выпускного окна, так как впускное окно в это время будет открываться от нулевого значения до максимального.

При расчете примем допущение, что скорость движения рабочей смеси в период открытия впускного окна 5 будет равна скорости перемещения рабочей заслонки 2 компрессора двигателя $V_{р.з}$. Скорость перемещения рабочей заслонки компрессора будет зависеть от частоты вращения вала двигателя и от средней величины радиуса рабочей полости компрессора.

$$V_{р.з} = \frac{L_{кр.р.}}{t_{р.з}}$$

где $L_{кр.р.}$ – путь (длина окружности) пройденный рабочей заслонкой за один оборот вала двигателя, $t_{р.з}$ – время перемещения рабочей заслонки за один оборот вала.

Средняя длина окружности рабочей полости компрессора $L_{кр.р.}$

$$L_{кр.р.} = 2\pi R_{кр.р.}$$

где $\pi = 3,14$; $R_{кр.р.}$ – средний радиус рабочей полости компрессора.

При частоте вращения вала двигателя равной n скорость движения рабочей смеси от впускного до выпускного канала будет равной

$$V_{р.з} = \frac{L_{кр.р.}}{t_{р.з}} = \frac{2\pi R_{кр.р.} \cdot n}{60}$$

Путь, который необходимо пройти рабочей смеси от впускного до выпускного окон рабочего кольца будет равен диаметру камеры сгорания $D_{кр}$. Следовательно, время, которое необходимо для прохождения рабочей смеси через камеру сгорания от впускного до выпускного каналов составляет

$$t_{кр} = \frac{D_{кр}}{V_{р.з}}$$

В опытном варианте роторного двигателя приведенные в расчете размеры составляют: $R_{кр.р.} = 64$ мм; $D_{кр} = 34$ мм.

При данных размерах рабочая смесь пройдет через камеру сгорания от впускного до выпускного каналов за

$$t_{кр} = \frac{D_{кр}}{V_{р.з}} = \frac{D_{кр} \cdot 60}{2\pi R_{кр.р.} \cdot n} = 0,005 \text{ сек.}$$

Таким образом оба окна впускное и выпускное при частоте вращения вала двигателя 1000 оборотов в минуту должны быть открыты совместно 0,005 секунды.

За это время газораспределительный стакан должен совершить путь равный

$$L_{ст.} = V_{ст.} * t_{пр}$$

Скорость вращения газораспределительного стакана составит

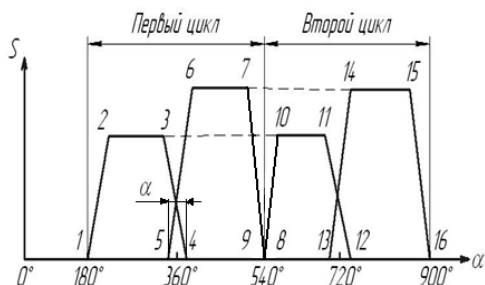
$$V_{ст.} = \frac{\pi D_{ст.} * n}{60}$$

Следовательно путь газораспределительного стакана будет равен

$$L_{ст.} = V_{ст.} * t_{пр} = \frac{\pi D_{ст.} * n}{60} * t_{пр} = 9 \text{ мм.}, \text{ что соответствует } 30^\circ.$$

Таким образом впускное и выпускное окна при продувке камеры сгорания должны быть открыты одновременно на угле поворота газораспределительного стакана равном 30° . Как видно из формул, угол совместного открытия каналов не будет зависеть от частоты вращения вала двигателя.

На рисунке 3 приведен общий график фаз газораспределения РД.



α – угол поворота вала двигателя;
 S – площадь открытия окон ГРМ;
 α – угол продувки камеры сгорания

Рисунок 3 – Суммарный график фаз газораспределения

Газораспределительный механизм, согласно графику фаз газораспределения, работает следующим образом. В точке 1 происходит воспламенение рабочей смеси в камере сгорания и в это же время начинает открываться выпускное окно камеры сгорания и горячая рабочая смесь устремляется в рабочую полость турбины. В точке 2 выпускное окно открывается полностью и остается открытым до точки 3. С точки 3 до точки 4 происходит процесс закрытия выпускного окна. В точке 5 происходит открытие впускного окна и свежая рабочая смесь начинает поступать в камеру сгорания. С точки 5 до точки 6 происходит процесс продувки камеры сгорания, т.к. в этот момент оба окна, впускное и выпускное, остаются открытыми. Угол поворота вала двигателя на котором происходит процесс продувки соответствует, согласно расчетам, 30° .

В точке 6 впускное окно открывается полностью и остается открытым до точки 7, после которой происходит процесс постепенного закрытия впускного окна до точки 8. На этом заканчивается один цикл работы РД. Далее все повторяется.

Предлагаемая конструкция газораспределительного механизма РД обладает простотой и хорошей кинематикой, так как все ее детали совершают вращательное движение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Роторно-поршневой двигатель внутреннего сгорания: пат. №2351780 Рос. Федерация: МПК F02B 53/08/ Токарев А.Н., Токарев М.Ю., Бураков А.А., Ефанов А.В., Пожидаев В.В.; заявитель и патентообладатель Алтайский гос. тех. ун-т.–заявл. 23.07.2007.
2. Токарев, А. Н. Турбокомпрессорный двигатель внутреннего сгорания «Алтай»: учебное пособие / А. Н. Токарев. – Барнаул: Изд. АлтГТУ, 2008. – 54 с.
3. Токарев, А. Н. Разработка конструкции турбокомпрессорного двигателя внутреннего сгорания / А. Н. Токарев, В. В. Нешатаев // Ползуновский вестник. – 2009. – №1-2.