

РОТОРНО-ПОРШНЕВЫЕ ДВИГАТЕЛИ С ПЕРЕМЕЩЕНИЕМ РАБОЧЕГО ТЕЛА

А. Н. Токарев, М. С. Байкалов, М. Ю. Токарев
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова,
г. Барнаул, Россия

О разработке роторного двигателя.

Ключевые слова: роторный двигатель

ROTOR AND PISTON ENGINES WITH MOVEMENT OF THE WORKING BODY

A. N. Tokarev, M. S. Bajkalov, M. Y. Tokarev
Altai State Technical University, Barnaul, Russia

About development of the rotor engine.

Keywords: rotary engine

Над проблемой создания роторного двигателя работают уже несколько десятков лет, но к созданию работоспособного и экономичного двигателя так и пришли. Эта проблема оказалась очень заманчивой, но трудно выполнимой. До промышленного производства дошел только роторный двигатель Ванкеля, который так и не стал достойным конкурентом поршневого двигателя.

Тем не менее изобретатели многих стран мира не оставляют надежды на изобретение такой конструкции роторного двигателя, которая бы значительно превосходила технико-экономические показатели существующих поршневых двигателей.

В последнее время появились конструкции роторно-поршневых двигателей (РПД) с перемещением рабочего тела из одного объема в другой [1, 2, 3, 6]. Под рабочим телом будем понимать топливно-воздушную смесь у карбюраторных двигателей или воздушную массу – у двигателей с впрыском.

У поршневого двигателя и у двигателя Ванкеля рабочее тело всасывается, сжимается, воспламеняется и выпускается наружу находясь в одном, меняющемся по величине, объему. У двигателей с перемещением рабочего тела процесс всасывания и сжатия рабочего тела происходит в первом объеме, далее

сжатая рабочая смесь перемещается во второй объем, где воспламеняется и горячая рабочая смесь перемещается в третий объем, где и происходит рабочий ход и выхлоп.

Это позволяет разбить двигатель на 2 или 3 блока. Первый блок – это блок «компрессора», в котором происходит процесс всасывания и предварительного сжатия рабочей смеси. Второй блок – это камера сжатия-сгорания, где происходит процесс окончательного сжатия рабочей смеси и процесс её воспламенения. В третьем блоке, блоке «турбины», происходит процесс расширения горячей рабочей смеси и процесс её выпуска в атмосферу (рисунок 1).



Рисунок 1 – Схема роторного двигателя с перемещением рабочего тела

Теоретически разделение конструкции двигателя на блоки позволяет:

- спроектировать конструкцию роторного двигателя внутреннего сгорания исходя из имеющихся конструкций компрессоров и турбин;

- спроектировать оптимальные параметры как компрессора, так и турбины, по отдельности. Например: объем камеры компрессора может сильно отличаться от объема камеры турбины, что позволит повысить технико-экономические показатели двигателя и уменьшить токсичность;

- получить более упрощенную и более технологичную конструкцию роторно-поршневого двигателя.

К недостаткам такой конструкции двигателя можно отнести:

- наличие своей системы уплотнений для каждого блока;

- возрастающие затраты на трение.

Одной из таких попыток является разработанная в Алтайском государственном техническом университете им. И. И. Ползунова конструкция роторного двигателя внутреннего сгорания турбокомпрессорного типа (РДТ), защищенная несколькими патентами [1, 2, 8]. Разработанная конструкция двигателя представляет собой гибрид поршневого двигателя и газовой турбины. По конструкции двигатель напоминает газовую турбину, т. к. имеет компрессор, турбину и камеру сгорания, а по принципу действия – поршневой двигатель, т. к. имеет традиционные рабочие такты: впуск, сжатие, рабочий ход и выпуск. Подробное описание конструкции роторного двигателя изложено в литературе [4].

Принцип работы роторного двигателя состоит в том, что, как и у газовой турбины, на валу двигателя установлены и жестко закреплены ротор компрессора и ротор турбины. Между ними в корпусе двигателя располагается камера сгорания. 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. Горящий газ, выходя из камеры сгорания, воздействует на рабочий ротор турбины, заставляя его вращаться. Избыточная мощность, получаемая на валу двигателя, может быть использована потребителем [1].

При работе двигателя все четыре такта происходят одновременно, но в разных роторах, на угле поворота вала двигателя от 0° до 360° (рисунок 2). При этом в роторе компрессора одновременно происходит «такт впуска»

(с одной стороны рабочей заслонки ротора компрессора) и «такт сжатия» (с другой стороны рабочей заслонки ротора компрессора). Сжимаемая рабочая смесь перенаправляется в камеру сгорания с газораспределительным механизмом. При заданном угле поворота вала двигателя в камере сгорания происходит воспламенение рабочей смеси и горящая рабочая смесь устремляется в рабочий ротор турбины. При угле поворота вала двигателя от 0° до 360° в рабочем роторе происходит одновременно «рабочий ход» (с одной стороны рабочей заслонки ротора турбины) и «выпуск» отработавших газов (с другой стороны рабочей заслонки ротора турбины). Таким образом, все циклы работы двигателя происходят за один оборот вала двигателя и, причем, одновременно.

Параллельно с разработкой вышеописанной (первой) модели РДТ была разработана и вторая модель роторного двигателя, отличающаяся от первой только конструкцией ротора компрессора (рисунок 3). У первой модели в теле ротора под действием пружины перемещается возвратно-поступательно рабочая заслонка компрессора, а у второй модели рабочая заслонка выполнена в корпусе двигателя с возможностью возвратно-вращательного движения, а сам ротор компрессора имеет выступ [2].

По первому и второму варианту РДТ были изготовлены усеченные (без ротора турбины) физические модели и были проведены предварительные испытания. При разработке физических моделей РДТ было принято, что рабочий объем компрессора составляет 0,1 л., степень сжатия – 8. Предполагаемая мощность двигателя – от 3 до 6 кВт.

Испытания, проведенные на рабочих моделях, показали, что у первой модели утечка сжатого воздуха из камеры сжатия составляет около 40 %, а у второй – более 60 % при существующих конструкциях уплотнений. Было также установлено, что данные конструкции двигателей могут быть работоспособны, но при их дальнейшей доработке. Доработка конструкции двигателей в первую очередь должна коснуться системы уплотнений, поскольку на рабочих моделях не удалось получить расчетные значения компрессии в камере сгорания. На основе этих испытаний было отдано предпочтение первой модели при проведении дальнейших исследований.

В настоящее время ведется разработка третьего варианта роторного двигателя, за основу конструкции которого была взята первая модель двигателя (рисунок 2). Изменения

РОТОРНО-ПОРШНЕВЫЕ ДВИГАТЕЛИ С ПЕРЕМЕЩЕНИЕМ РАБОЧЕГО ТЕЛА

коснулись, в основном, конструкции ротора компрессора, камеры сжатия и ее уплотнений. Суть изменений состоит в том, что по бокам ротора компрессора устанавливаются дополнительные щеки; изменяется конструкция рабочей заслонки ротора компрессора; в рабочее кольцо двигателя, вместо лабиринтных уплотнений, вводится дополнительное уплотняющее кольцо [8].

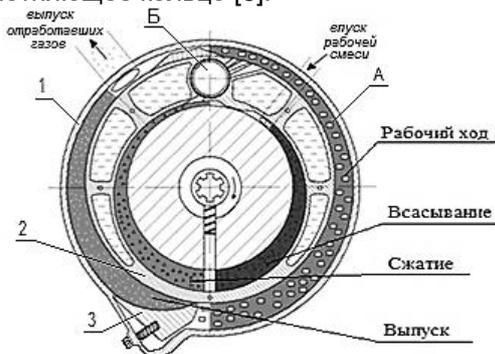


Рисунок 2 – Общая схема работы роторного двигателя РДТ (первый вариант)

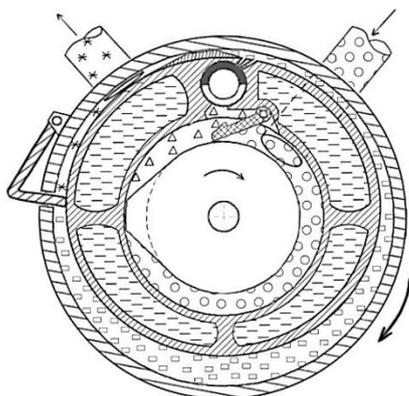


Рисунок 3 – Общая схема работы двигателя РДТ (второй вариант). Условные обозначения:



Описание конструктивных изменений. В пазу ротора компрессора 1 установлена рабочая заслонка 2 (рисунок 4). Рабочая заслонка 2 имеет по бокам выступы 17 (рисунок 6). Ширина заслонки 2 несколько шире (на величину ширины выступа 17 заслонки 2), чем ширина ротора компрессора 1 (рисунок 5). По бокам ротора компрессора установлены и жестко закреплены на нем, боковые щеки 18. Диаметр этих щек несколько больше, чем наружный диаметр ротора компрессора. В боковых щеках 18 имеются пазы 19, в которые входит рабочая заслонка своими выступами. Выступы рабочей заслонки вместе с самой заслонкой могут переме-

щаться возвратно-поступательно в этих пазах и в пазе ротора компрессора.

Под действием пружин 20 рабочая заслонка 2 плотно прижимается своей торцевой поверхностью к внутреннему диаметру рабочего кольца 7, создавая уплотнение.

Для углубления рабочей заслонки 2 внутрь ротора компрессора 1, для того чтобы рабочая заслонка при вращении ротора не «встретилась» с уплотнительным выступом 16 (рисунок 4) и не заклинила, в щеках 21 и 22 рабочего кольца 7 установлен механизм «утапливания» (рисунок 5). Механизм утапливания состоит из выступов 23, жестко закрепленных в щеках 21 и 22 рабочего кольца 7 (рисунки 5, 7).

Принцип работы механизма утапливания следующий: при приближении рабочей заслонки 2 к выступу 16 выступы 17 рабочей заслонки 2 набегают на утапливатели 23 и заслонка 2 перемещается вниз не производя столкновение с выступом 16 (рисунки 5, 7). В это время за счет газораспределительного механизма вход сжимаемой рабочей смеси в камеру сгорания будет закрыт.

По нашим расчетам величина перемещения рабочей заслонки 2 не превышает 4 мм. Несмотря на незначительную величину перемещения заслонки в этом месте происходит удар. Для сглаживания этого удара нами были произведены расчеты профиля утопителя, позволяющие на угле поворота вала двигателя равном 15° получить приемлемые результаты [7].

Для уплотнения камеры сжатия 15, как было уже сказано, по бокам ротора компрессора 1 установлены и жестко закреплены на нем боковые диски 18, с диаметром большим, чем диаметр ротора 1 (рисунок 5). В рабочем кольце 7, с обеих боковых сторон, сделан прямоугольный паз 24 по диаметру, несколько большим внутреннему диаметру рабочего кольца 7. В эти пазы входят уплотнительные кольца 25, прижимающиеся пружиной 26 к боковым поверхностям дисков 18, создавая необходимые уплотнения.

Такая конструкция уплотнений, по нашему мнению, позволит надежно уплотнить по боковым поверхностям камеру сжатия двигателя. Существующие в других моделях роторного двигателя уплотнения, выполненные в виде лабиринтных уплотнений, не справлялись с поставленной задачей. Для проверки этих нововведений в конструкцию двигателя нами и изготавливается третья рабочая модель компрессора двигателя.

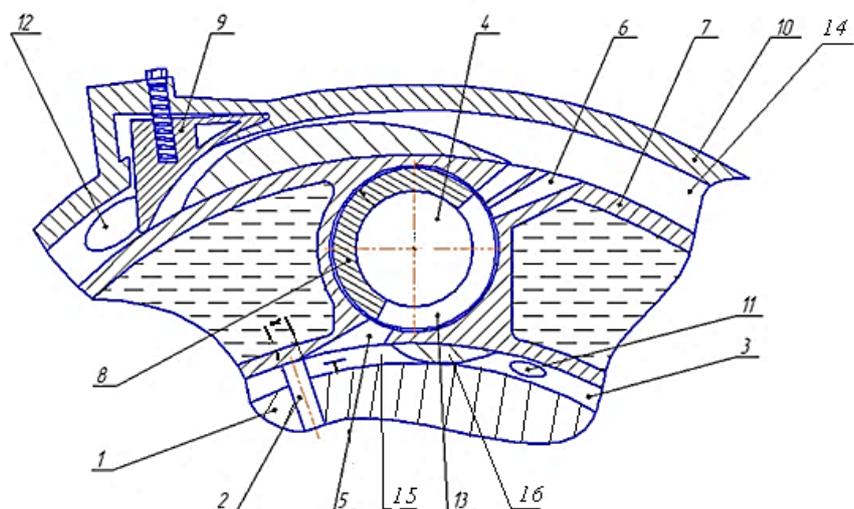


Рисунок 4 – Камера сгорания роторного двигателя: 1 – ротор компрессора, 2 – рабочая заслонка компрессора, 3 – рабочая полость компрессора, 4 – камера сгорания, 5 – перепускной канал, 6 – выпускной канал, 7 – рабочее кольцо, 8 – газораспределительный стакан, 9 – рабочая заслонка турбины, 10 – турбина, 11 – впускной канал, 12 – выпускной канал, 13 – окно газораспределительного стакана, 14 – рабочая полость турбины, 15 – камера сжатия, 16 – уплотняющий выступ

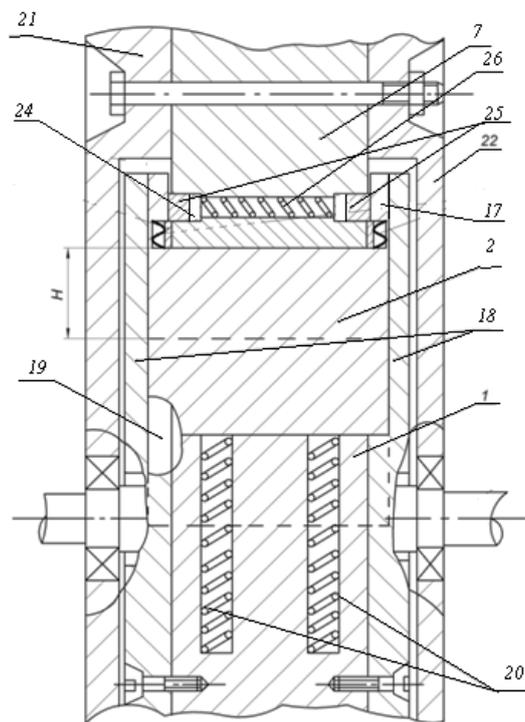


Рисунок 5 – Продольный разрез двигателя (третий вариант): 17 – выступы рабочей заслонки, 18 – боковые щеки ротора компрессора, 19 – паз в боковой щеке, 20 – пружины рабочей заслонки, 21, 22 – боковые щеки рабочего кольца, 24 – круговой паз в рабочем кольце, 25 – уплотнительное кольцо, 26 – пружина уплотнительных колец

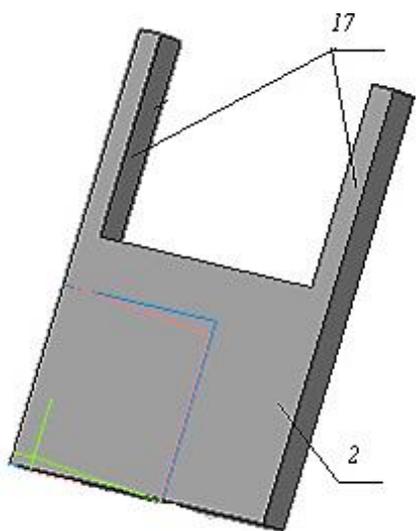


Рисунок 6 – Общий вид рабочей заслонки: 2 – рабочая заслонка, 17 – выступы рабочей заслонки

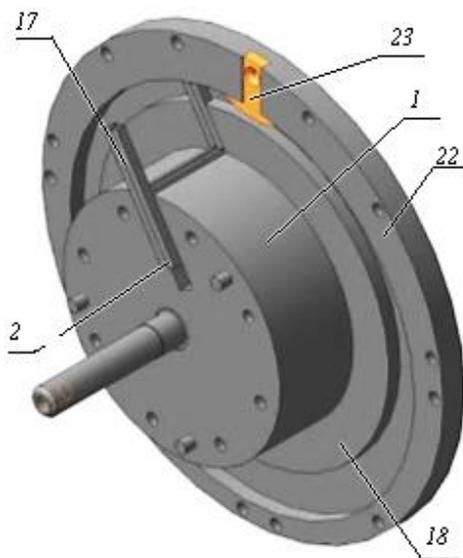


Рисунок 7 – Механизм «утапливания» рабочей заслонки: 1 – ротор компрессора; 2 – заслонка ротора компрессора; 17 – выступ рабочей заслонки; 18 – боковые щеки ротора компрессора; 22 – щека корпуса двигателя; 23 – утапливатель

Разработанная конструкция роторного двигателя РДТ-3 АлтГТУ обладает, на наш взгляд, целым рядом преимуществ по сравнению с традиционным поршневым двигателем, а именно:

- более высокий к. п. д. Основание – снижение потерь на возвратно- поступательное движение основных деталей двигателя;

Ползуновский альманах № 4 2016

все четыре такта работы двигателя происходят одновременно за один оборот вала двигателя, т. е. на угле поворота вала равном 360° , что дает право говорить о меньших «бесполезных» затратах данного двигателя;

- конструкция двигателя позволяет иметь различные рабочие объемы компрессора и турбины, что предполагает повышение удельной мощности, снижение расхода топлива и повышение его экологичности;

- все основные детали двигателя обладают высокой технологичностью изготовления, т. к. они имеют форму тел вращения.

Перечисленные выше достоинства дают право говорить о перспективности разрабатываемого роторного двигателя АлтГТУ.

Список литературы

1. Роторно-поршневой двигатель внутреннего сгорания: патент Российской Федерации №2351780/Токарев А.Н., и др.; - заявитель и патентообладатель Алтайский гос. тех. ун-т.
2. Роторно-поршневой двигатель внутреннего сгорания: патент Российской Федерации №2478803/Токарев А.Н., и др.; - заявитель и патентообладатель Алтайский гос. тех. ун-т.
3. Интернет. Сайт: <http://www.rotor-motor.ru/>, (двигатель Исаева).
4. Токарев А.Н. Роторный двигатель внутреннего сгорания турбокомпрессорного типа. Издат. LAP LAMBERT Academic Publishing; ФРГ, Немецкая Национальная Библиотека, 2014 – 81 с.
5. Интернет. Сайт: <http://www.motor-rotor.altstu.ru/>, (двигатель Токарева).
6. Старокожев М.А. Теоретические основы разработки двухблочного роторно-поршневого двигателя методом математического моделирования. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Издательство Брянского гос. техн. ун-та, г. Брянск, 2013.-17 с.
7. Токарев А.Н., Дубов Е.А., Горяев А.В., Хлопцев В.В. Совершенствование конструкции бироторного двигателя. Электронный научный журнал «Горизонты образования», выпуск № 18, 2016 г.
8. Решение о выдаче патента на изобретение. Федеральная служба по интеллектуальной собственности. Заявка № 2915112719/06(019945)/Токарев А.Н. и др. – заявитель Алтайский гос. тех. ун-т.

Токарев Александр Николаевич – к. т. н., профессор
Байкалов М. С.
Токарев М. Ю.

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова» (АлтГТУ), г. Барнаул, Россия