

## МОДЕРНИЗИРОВАННАЯ КОНСТРУКЦИЯ РОТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ ТУРБОКОМПРЕССОРНОГО ТИПА

А.Н. Токарев, М.Ю. Токарев

*Приведено описание конструкции роторного двигателя внутреннего сгорания турбокомпрессорного типа разработанного в АлтГТУ с измененной конструкцией компрессора.*

*Ключевые слова: роторный двигатель, компрессор, турбина, камера сгорания, уплотнения, рабочая камера.*

В Алтайском государственном техническом университете им. И.И. Ползунова разработана конструкция роторного двигателя внутреннего сгорания турбокомпрессорного типа (РДТ). По конструкции он напоминает газовую турбину, т.к. имеет компрессор, турбину и камеру сгорания, расположенную в корпусе двигателя между компрессором и турбиной, а по принципу действия – поршневой двигатель, т.к. имеет традиционные рабочие такты: впуск, сжатие, рабочий ход и выпуск. Конструкция защищена несколькими патентами и подробно описана в литературе [1, 2, 3].

Описанная в литературе конструкция роторного двигателя имеет некоторые конструктивные недостатки. Одним из наиболее существенных недостатков двигателя является то, что при перетекании рабочей смеси из рабочей полости компрессора в камеру сгорания часть её остается в рабочей полости компрессора и не используется при сжигании рабочей смеси. Это, в первую очередь, влияет на степень сжатия, а в конечном итоге на все технико-экономические показатели двигателя.

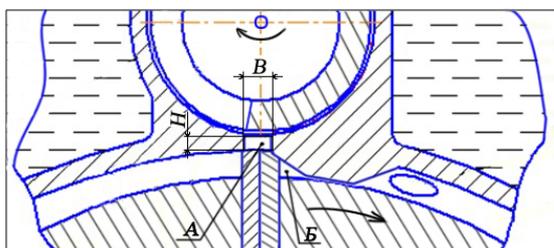


Рисунок 1 – Камера сгорания роторного двигателя РДТ-1

А,Б – не рабочие зоны, Н – высота перепускного окна, В – ширина перепускного окна

Не используемая рабочая смесь скапливается в двух не рабочих («паразитных») зонах: в зоне «А» и в зоне «Б» (Рисунок 1). По расчетам «паразитные» зоны составляют в объеме до 10% от общего объема рабочей

смеси поступающей в рабочую камеру компрессора. Их объем зависит от размеров РДТ, от общего объема рабочей смеси поступающей в рабочую полость компрессора, от конструкции перепускных окон (от размеров Н и В) и рабочей заслонки компрессора. При данной конструкции компрессора двигателя полностью исключить эти «паразитные» зоны не представляется возможным.

Кроме этого возникают проблемы с уплотнениями между уплотняющей заслонкой ротора компрессора и внутренней цилиндрической поверхностью рабочего кольца, являющегося основной корпусной деталью двигателя. Это вызвано тем, что ось ротора компрессора и ось внутренней цилиндрической поверхности рабочего кольца смещены относительно друг друга на величину эксцентриситета, что не позволяет уплотняющим пластинам ротора компрессора прижиматься всей торцевой поверхностью к внутренней цилиндрической поверхности рабочего кольца при вращении ротора компрессора.

Для устранения этих недостатков была разработана и запатентована модернизированная конструкция роторного двигателя РДТ-3. Суть модернизации заключается, в основном, в изменении конструкции компрессора двигателя.

**Общее устройство модернизированного двигателя.** Принцип конструкции РДТ-3, как и у первоначальной модели, состоит в том, что на одном валу установлены и жестко закреплены ротор компрессора 1 и ротор турбины 2 (Рисунок 2). Корпусом двигателя является рабочее кольцо 5, выполняющее функцию статора роторов компрессора и турбины, внутри которого вращается ротор компрессора, а снаружи ротор турбины и боковые щеки 7 и 8.

Ротор компрессора 1 выполнен в виде диска, на внешней поверхности которого имеется выступ 11. Выступ 11 имеет плавное утолщение, идущее от внешней поверхности ротора

компрессора 1 до максимальной высоты, и плавно уменьшающейся до его внешней поверхности. Поверхность выступа 11 с максимальной высотой выполнена по диаметру, позволяющему ротору компрессора свободно

вращаться внутри рабочего кольца 5 не соприкасаясь с его внутренней поверхностью. Ширина выступа 11 равна ширине ротора компрессора 1. Ось ротора компрессора и ось вала двигателя совпадают.

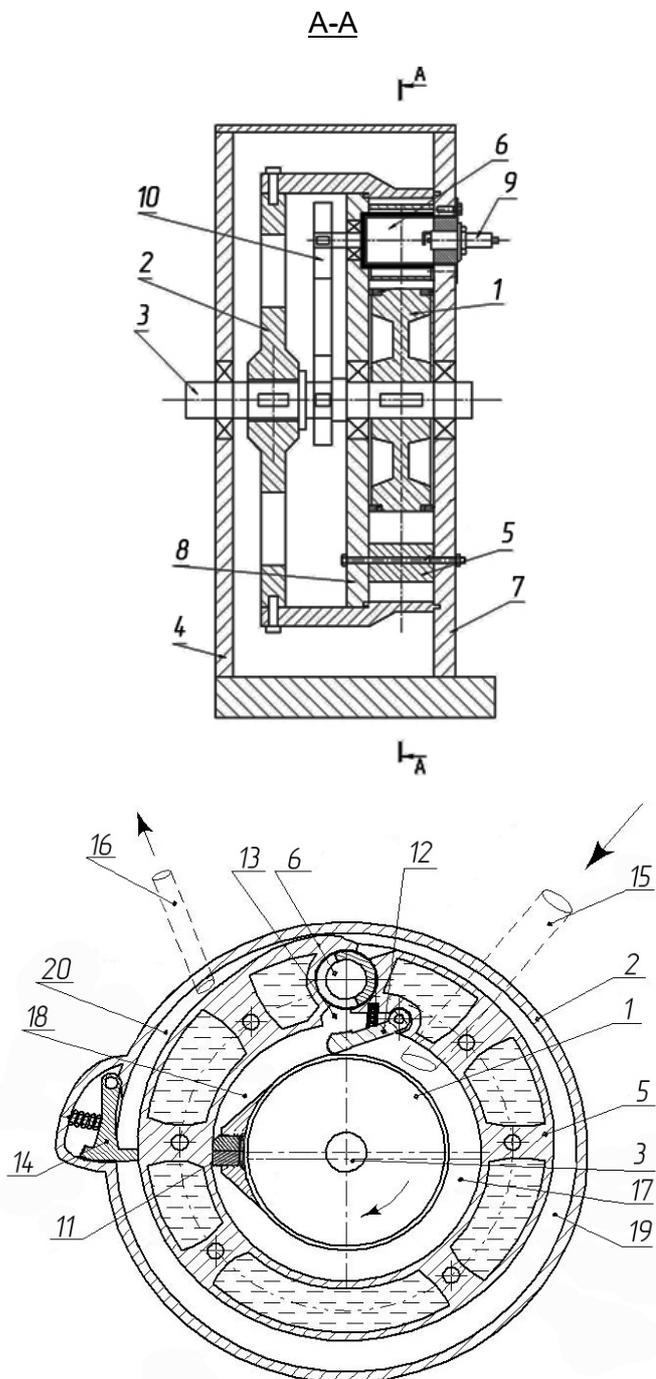


Рисунок 2 – Схематичный разрез двигателя РДТ-3:

- 1- ротор компрессора,
- 2- ротор турбины,
- 3- вал двигателя,
- 4- корпус двигателя,
- 5- рабочее кольцо,
- 6- камера сгорания,
- 7- внешняя щека корпуса,
- 8- внутренняя щека корпуса,
- 9- свеча зажигания,
- 10- механический редуктор,
- 11- выступ ротора компрессора,
- 12- рабочая заслонка компрессора,
- 13- углубление в рабочем кольце,
- 14- «Г»-образная заслонка турбины,
- 15 - канал впуска,
- 16 - канал выхлопа,
- 17 - камера впуска,
- 18- камера предварительного сжатия,
- 19- камера рабочего хода,
- 20- камера выпуска,
- 21 – уплотняющий выступ

Рабочее кольцо 5 выполнено таким образом, что ось внутренней поверхности рабочего кольца совпадает с осью вала двигателя, а ось внешней поверхности рабочего кольца смещена на определенную величину (на величину

эксцентриситета) по отношению к оси вала двигателя. В наиболее широкой части рабочего кольца 5 имеется отверстие для установки в нем камеры сгорания 6 цилиндрической формы с механизмом газораспределения.

## МОДЕРНИЗИРОВАННАЯ КОНСТРУКЦИЯ РОТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ ТУРБОКОМПРЕССОРНОГО ТИПА

В рабочем кольце 5 установлена подпружиненная рабочая заслонка 12 компрессора, выполненная в виде пластины с возможностью возвратно-вращательного движения вокруг своей оси, закрепленной в теле рабочего кольца. На внутренней цилиндрической поверхности рабочего кольца имеется углубление 13 предназначенное для размещения рабочей заслонки при максимальном ее перемещении. Свободный конец заслонки, под действием пружины, прижимается к внешней поверхности ротора компрессора.

Ротор турбины 2 представляет собой стакан, внутренняя поверхность которого расположена над внешней цилиндрической поверхностью рабочего кольца 5. На боковой поверхности стакана выполнено в направлении оси вращения вала 3 двигателя диаметрально утолщение по ширине, равной ширине ротора компрессора. Это утолщение расположено над цилиндрической внешней поверхностью рабочего кольца. В утолщении ротора 2 турбины установлена Г-образная подпружиненная рабочая заслонка 14, имеющая возможность возвратно-вращательного движения вокруг своей оси. Свободный конец заслонки 14 установлен с возможностью плотного прилегания к цилиндрической внешней поверхности рабочего кольца 5 посредством пружины.

На внешней цилиндрической поверхности рабочего кольца 5, в районе камеры сгорания, имеется небольшой выступ, предназначенный для уплотнения между внешней поверхностью рабочего кольца и внутренней поверхностью утолщения ротора турбины.

Ротор 1 компрессора, утолщение ротора 2 турбины и рабочее кольцо 5 расположены между двумя боковыми щеками, внешней 7 и внутренней 8, стянутыми болтами, и являющимися вместе с рабочим кольцом 5 основой корпуса 4 двигателя. В щеках 7 и 8 на подшипниках установлен вал 3 двигателя. Таким образом, ротор компрессора, встроенный внутри рабочего кольца 5 между внешней 7 и внутренней 8 боковыми щеками, имеет возможность вращения в полости, образованной цилиндрической внутренней поверхностью рабочего кольца 5 и внешней 7 и внутренней 8 боковыми щеками. Ротор 2 турбины с утолщением, расположенным над камерой сгорания 6, имеет возможность вращения в полости, образованной цилиндрической внешней поверхностью рабочего кольца 5 и внешней 7 и внутренней 8 боковыми щеками.

В рабочем кольце 5, в месте наибольшей высоты кольца, имеется отверстие,

предназначенное для установки камеры сгорания 6 с газораспределительным механизмом золотникового типа. Камера сгорания 6, выполняющая роль и газораспределительного механизма, выполнена в виде стакана, к днищу которого, со стороны ротора 2 турбины жестко прикреплён вал, проходящий в отверстие внутренней боковой щеки 6. Вал, вместе с камерой сгорания, имеет возможность вращения посредством механического редуктора 10 от вала 3 двигателя, причем скорость вращения камеры сгорания совпадает со скоростью вращения вала двигателя.

На боковой поверхности камеры сгорания расположено перепускное окно 8 (Рисунок 3). При вращении камеры сгорания перепускное окно 8 поочередно совпадает то с впускным 9, то с выпускным 10 окнами рабочего кольца 3. Окна 8, 9, 10 выполнены прямоугольной формы и конфигурации этих окон совпадают друг с другом, что позволяет им совмещаться для перепуска рабочей смеси согласно фазам газораспределения.

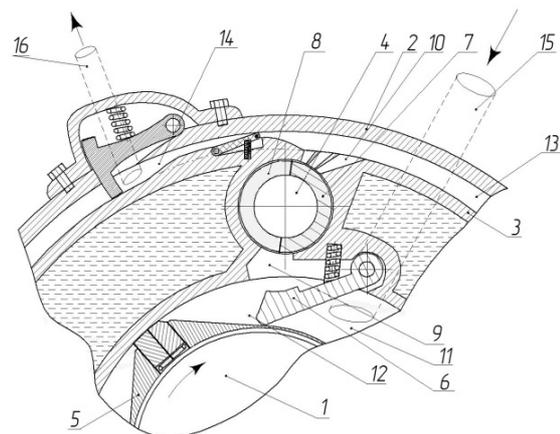


Рисунок 3 – Камера сгорания роторного двигателя РДТ-3

1- ротор компрессора, 2 – ротор турбины, 3 – рабочее кольцо, 4 – камера сгорания, 5 – выступ ротора компрессора, 6 – рабочая заслонка компрессора, 7 – газораспределительный стакан, 8 – перепускное окно ГРМ, 9 – впускное окно, 10 – выпускное окно, 11 – камера впуска, 12 – камера предварительного сжатия, 13 – камера рабочего хода, 14 – камера выпуска, 15 – канал впуска, 16 – канал выпуска

**Уплотнения компрессора.** Для уплотнения рабочего объема компрессора, создаваемого внешней поверхностью ротора 1 компрессора и внутренней поверхностью рабочего кольца, на внешней поверхности выступа 2, в зоне его максимальной высоты, выполнен паз 3 для установки в нем уплотняющих пластин 4 и 5 (Рисунок 4). Уплотняющие пластины 4 и 5, установленные в па-

зе 3, за счет пластинчатой пружины 6 плотно прилегают к внутренней поверхности рабочего кольца и имеют возможность возвратно-поступательного движения в пазе 3.

Для уплотнения рабочего объема компрессора между выступом 2 ротора 1 компрессора и боковыми щеками двигателя на боковых поверхностях ротора 1 выполнены с обеих сторон пазы 8 для установки в них уплотняющих пластин 9 и 10. Уплотняющие пластины 9 и 10 в средней части имеют цилиндрические выступы 11, входящие в отверстие 12 ротора 1 компрессора. Для прижатия этих пластин к боковым поверхностям щек двигателя внутри отверстия 12 имеются пружины 13, которые действуют с определенным усилием на цилиндрические выступы уплот-

няющих пластин, прижимает их к боковым поверхностям щек.

Уплотнение рабочего объема компрессора между боковыми щеками 14 и ротором 1 осуществляется за счет наличия на боковых поверхностях ротора 1 буртика 15, обращенного в сторону внутренней боковой щеки 14 двигателя, и аналогичного буртика, обращенного в сторону внешней боковой щеки. Эти буртики имеют прямоугольное сечение и расположены по радиусу в верхней части окружности ротора 1. Буртики входят в соответствующие ответные пазы 16, выполненные в щеках двигателя. Буртики 15 на роторе 1 и пазы 16 в щеках двигателя выполняют функцию лабиринтных уплотнений.

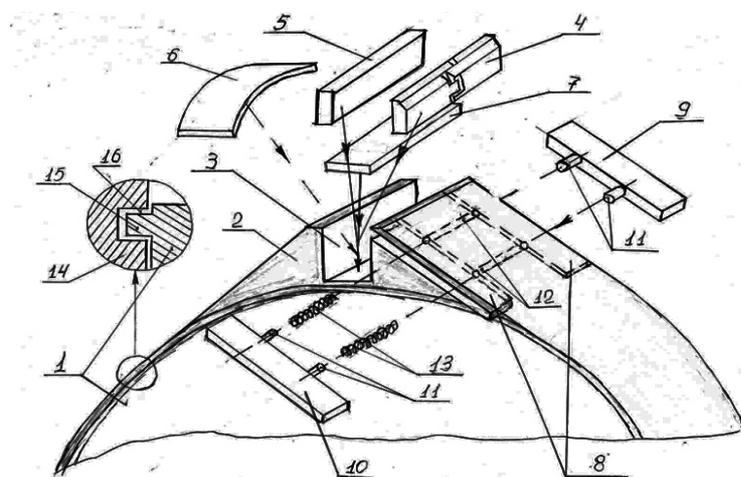


Рисунок 4 –

Уплотнения ротора компрессора:

- 1 – ротор компрессора,
- 2 – выступ ротора компрессора,
- 3 – поперечный паз ротора компрессора,
- 4 – сдвижная уплотняющая пластина,
- 5 – опорная уплотняющая пластина,
- 6 – пластинчатая пружина,
- 7 – поддерживающая пластина,
- 8 – пазы для боковых уплотняющих пластин,
- 9, 10 – боковые уплотняющие пластины,
- 11 – цилиндрические выступы,
- 12 – отверстие,
- 13 – пружины,
- 14 – боковая щека двигателя,
- 15 – буртик ротора компрессора,
- 16 – паз в боковой щеке двигателя

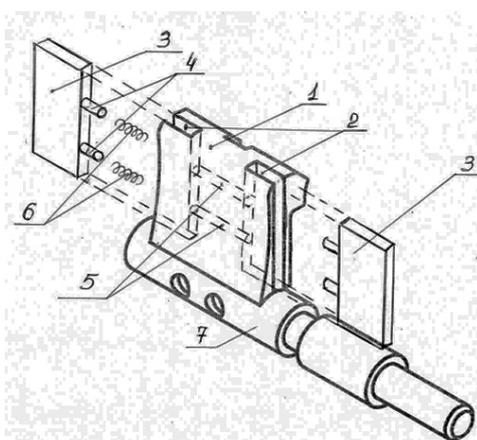


Рисунок 5 – Уплотнения рабочей заслонки компрессора:

- 1 – рабочая заслонка,
- 2 – пазы, 3 – уплотняющие пластины,
- 4 – цилиндрические выступы,
- 5 – отверстия,
- 6 – пружины,
- 7 – вал заслонки

**Уплотнения рабочей заслонки компрессора.** Рабочая заслонка компрессора является наиболее сложным элементом конструкции двигателя. Она представляет собой пластину сложной конфигурации, за счет которой, она вплотную входит в свое ложе (уг-

лубление), выполненное в рабочем кольце под камерой сгорания (Рисунки 3, 5).

Для уплотнения рабочего объема компрессора между боковыми щеками двигателя и рабочей заслонки 1 в ее боковых поверхностях выполнены пазы 2 для установки в них

## МОДЕРНИЗИРОВАННАЯ КОНСТРУКЦИЯ РОТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ ТУРБОКОМПРЕССОРНОГО ТИПА

уплотняющих пластин 3, которые имеют возможность возвратно-поступательного движения в этих пазах (Рисунок 5). Уплотняющие пластины 3 в средней части имеют цилиндрические выступы 4, входящие в отверстие 5 рабочей заслонки 1. Для прижатия этих пластин к боковым поверхностям щек двигателя внутри отверстий 5 имеются пружины 6 которые действуя с определенным усилием на цилиндрические выступы уплотняющих пластин, прижимают их к боковым поверхностям щек двигателя.

**Принцип работы двигателя.** Для рассмотрения принципа работы роторного двигателя внутреннего сгорания за начало отсчёта примем положение ротора 1 компрессора, когда его выступ 11 будет расположен по центру камеры сгорания 6 (см. рис. 2). Вращение роторов 1, 2 и газораспределительного механизма происходит по часовой стрелке если смотреть со стороны свечи зажигания 9. Двигатель работает на жидком топливе и имеет стандартную систему питания. Регулирование количества воздуха, поступающего в рабочую полость компрессора, осуществляется дроссельной заслонкой, установленной во впускном трубопроводе.

В рассматриваемом двигателе, так впуска и такт сжатия происходят в компрессоре, а такт рабочий ход и такт выпуск - в турбине. Рассмотрим первоначально полный рабочий цикл двигателя от такта впуска до такта выпуска, происходящий с одним зарядом рабочей смеси.

**1 такт – впуск.** Он происходит на угле поворота вала 3 двигателя от  $0^\circ$  до  $360^\circ$  (Рисунки 2, 6). При вращении ротора 1 компрессора за рабочей заслонкой 12 создается разрежение, и порция рабочей смеси по каналу 15 поступает в камеру впуска 17. Процесс впуска заканчивается тогда, когда выступ 11 ротора компрессора займет первоначальное положение.

**2 такт – сжатие.** Он происходит на угле поворота вала 3 двигателя от  $360^\circ$  до  $720^\circ$  (см. рис. 3,6). На первом этапе, на угле поворота вала 3 двигателя от  $360^\circ$  до  $520^\circ$ – $540^\circ$  (в зависимости от установки фаз газораспределения) рабочая смесь предварительно сжимается в камере предварительного сжатия 12.

На втором этапе, когда перепускное окно 8 газораспределительного стакана 7 начнет совмещаться с впускным окном 9, предварительно сжатая рабочая смесь устремляется через щель, увеличивающуюся в зависимости от угла поворота вала двигателя, в каме-

ру сгорания 4. В камере сгорания рабочая смесь будет дальше сжиматься вплоть до  $720^\circ$  поворота вала двигателя, т.е. до момента, когда впускное окно 9 перекроется газораспределительным стаканом 7. В это же время рабочая заслонка 6 компрессора полностью войдет в углубление (в ложе), выполненное в корпусе рабочего кольца 3. Таким образом, вся рабочая смесь окажется в сжатом состоянии в камере сгорания 4.

**3 такт - рабочий ход.** Он происходит на угле поворота вала 3 двигателя от  $720^\circ$  -  $1080^\circ$ . При этом, при угле поворота вала 3 двигателя, равном  $700^\circ \pm$  угол опережения зажигания, происходит воспламенение рабочей смеси в камере сгорания 4 за счет проскакивания искры в свече зажигания. В этот же момент начинают совмещаться перепускное окно 8 газораспределительного стакана 7 с выпускным окном 10. Через образовавшуюся и постоянно увеличивающуюся за счет вращения газораспределительного стакана 7 щель, горячая рабочая смесь устремляется в камеру рабочего хода 13. За счёт горения рабочей смеси создается высокое давление, которое воздействует на Г-образную рабочую заслонку ротора турбины, заставляя ротор 2 турбины вращаться и создавать крутящий момент на валу 3 двигателя.

Это происходит до угла поворота вала двигателя, равном  $950$ – $960^\circ$ . При этом угле поворота вала двигателя происходит перекрытие выпускного окна 10 газораспределительным стаканом 7. Практически в этот момент заканчивается такт рабочий ход, но процесс расширения сгоревшей рабочей смеси за счет оставшейся величины давления газов и её инерции продолжается до угла поворота вала двигателя, равном  $980$ – $1000^\circ$ . С этого момента начинается свободный выход отработавших газов в атмосферу.

**4 такт – выпуск.** Он происходит при вращении вала 3 двигателя от  $1080^\circ$  до  $1440^\circ$ . При этом отработавшие газы из камеры выпуска 15 по каналу 16 принудительно выпускаются в атмосферу.

Таким образом, при угле поворота вала 3 двигателя, равном  $1440^\circ$ , заканчивается процесс выпуска, а, следовательно, заканчивается полный рабочий цикл, происшедший в данном роторном двигателе с одним зарядом рабочего тела.

При постоянной работе двигателя при вращении роторов от  $0^\circ$  до  $360^\circ$  происходит следующее (Рисунки 3, 7):

- в рабочих полостях компрессора происходит, с одной стороны рабочей заслонки

6, впуск рабочей смеси в камеру впуска 11, а с другой стороны рабочей заслонки - сжатие рабочей смеси в камере предварительного сжатия 12;

- в рабочих полостях турбины происходит одновременно, с одной стороны Г-образной заслонки - рабочий ход в камере

рабочего хода 13, а с другой стороны Г-образной заслонки - выпуск отработавших газов из камеры выпуска 14 в атмосферу.

Таким образом, полный цикл совершается на угле поворота вала 3 двигателя, равном  $360^\circ$ .

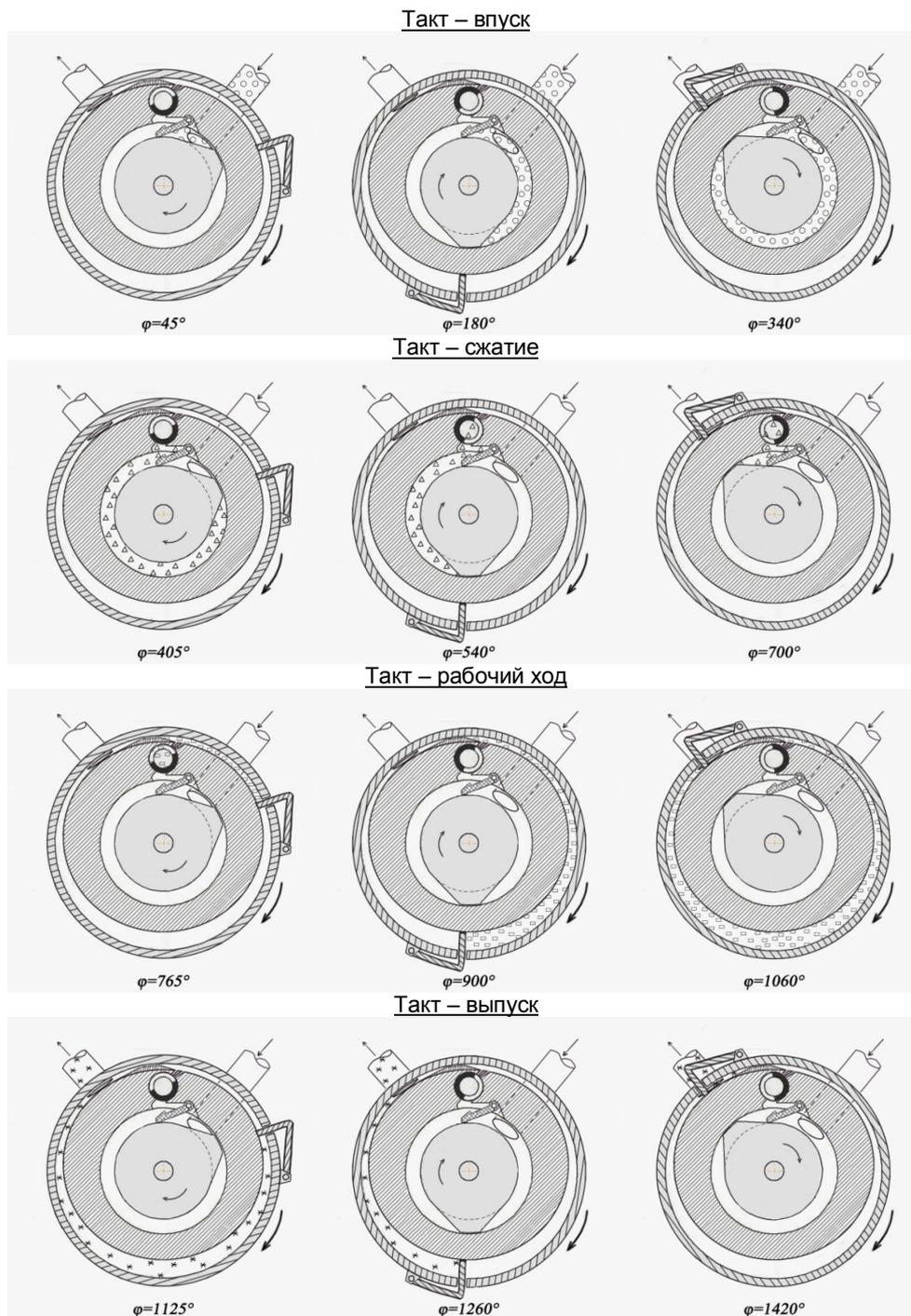
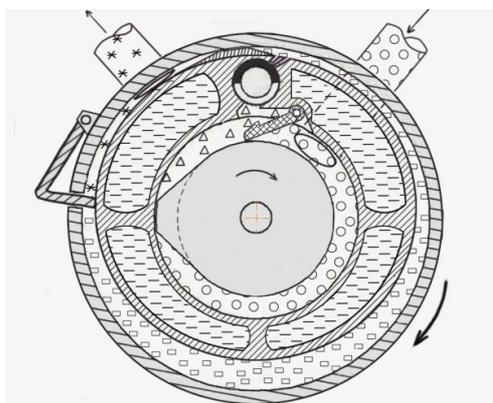


Рисунок 6 – Схема работы двигателя с одним зарядом рабочей смеси

## МОДЕРНИЗИРОВАННАЯ КОНСТРУКЦИЯ РОТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ ТУРБОКОМПРЕССОРНОГО ТИПА

Следует отметить, что при работе двигателя предусмотрен процесс продувки камеры сгорания. Он происходит на угле поворота вала двигателя равном  $170-190^\circ$ , когда перепускное окно газораспределительного стакана на 7 одновременно открыто как для впускного окна 9, так и для выпускного окна 10. В этот момент предварительно сжатая в камере предварительного сжатия 12 рабочая смесь устремляется в камеру сгорания 4, вытесняя из нее сгоревшую рабочую смесь от предварительного цикла.



Условные обозначения:



Рисунок 7 – Общая схема работы двигателя РДТ-3

**График изменения объемов рабочих камер.** Объем камеры впуска начинается увеличиваться с  $\varphi \approx 10-15^\circ$ , т.к. в этом диапазоне поворота вала двигателя входное отверстие 9 будет еще перекрыто выступом 5 ротора компрессора, и заканчивается в диапазоне  $\varphi \approx 340-350^\circ$ . В диапазоне углов поворота вала двигателя от  $15$  до  $350^\circ$  зависимость линейная (Рисунок 8).

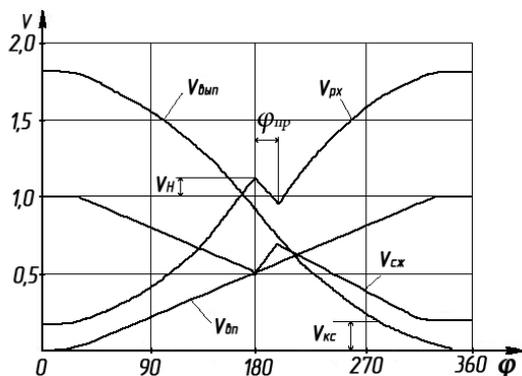


Рисунок 8 – Изменение объемов рабочих камер двигателя:

$\varphi$  - угол поворота вала двигателя;  $V$  – объем рабочих камер;  $\varphi_{пр}$  – угол продувки камеры сгорания

Объем камеры сжатия начинает уменьшаться от максимальной до минимальной величины на тех же диапазонах поворота вала двигателя, что и . При  $\varphi=180^\circ$  происходит увеличение на величину объема камеры сгорания, т.к. открывается впускное окно 9 и к объему камеры предварительного сжатия добавляется объем камеры сгорания. При  $\varphi \approx 345-355^\circ$  объем камеры сжатия уменьшается.

Объем камеры рабочего хода по углу поворота вала двигателя от  $0$  до  $360^\circ$  увеличивается от объема камеры сгорания до максимального значения. При  $\varphi=180^\circ$  объем сокращается на величину , т.к. закрывается выпускное окно 10. После  $\varphi=180^\circ$  идет дальнейшее увеличение.

Величина характеризует величину превышения рабочего объема камеры рабочего хода над величиной камеры впуска. Конструкция двигателя позволяет сделать это превышение любой требуемой величины.

Объем камеры выпуска изменяется от максимального до минимального значения при  $\varphi=0-360^\circ$ . Здесь происходит процесс выпуска отработавших газов методом вытеснения.

**Принцип работы газораспределительного механизма.** Предлагаемая конструкция газораспределительного механизма (ГРМ) золотниково-го типа. Она обладает простотой и хорошей кинематикой, так как все ее детали совершают вращательное движение. ГРМ, согласно графику фаз газораспределения, работает следующим образом (Рисунок 9).



Рисунок 9 - Суммарный график фаз газораспределения (камера сгорания):

$\varphi$  - угол поворота вала двигателя;  $S$  – площадь открытия окон ГРМ;  $\varphi_{пр}$  – угол продувки камеры сгорания

При  $\varphi=0^\circ$  (- угол опережения зажигания) происходит воспламенение рабочей смеси в камере сгорания и почти в это же время начинает открываться выпускное окно камеры сгорания (точка 1) 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. От точки 5 до точки 4 происходит процесс продувки камеры сгорания, т.к. в этот момент оба окна, впускное и выпускное, остаются открытыми.

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 роторного двигателя. Далее все повторяется.

**Разработка физической модели двигателя.** При разработке физической модели РДТ-3 было принято, что рабочий объем компрессора составляет 0,1 л., степень сжатия – 8. Предполагаемая мощность двигателя – от 3 до 6 кВт. Исходя из этих данных были рассчитаны габаритные размеры основных деталей двигателя: диаметр компрессора – 56 мм; диаметр турбины – 260 мм, ширина ротора компрессора – 34 мм. Габаритные размеры рабочей модели составляют: наружный диаметр – 280 мм., ширина – 90 мм. (без учета длины вала двигателя).

В рабочей модели РДТ-3 используются традиционные для поршневых двигателей системы питания и зажигания. Охлаждение двигателя может быть как воздушным, так и жидкостным. Смазка деталей у физической модели осуществляется путем добавления масла в топливо.

Испытания, проведенные на рабочей модели, показали, что двигатель работоспособен, но требует дальнейшей доработки.

Разработанная конструкция роторного двигателя внутреннего сгорания 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; 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;

- почти «идеальная» уравновешенность двигателя, так как все основные детали двигателя совершают вращательное движение;

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

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

- двигатель может быть спроектирован любой мощности, путем увеличения его габаритов или увеличения числа пар ротор-турбина.

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

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Роторно-поршневой двигатель внутреннего сгорания: патенты Российской Федерации №2351780, №2425233, №2427716, №2478803 / Токарев А.Н., Токарев М.Ю. и др.; - заявитель и патентообладатель Алтайский гос. тех. ун-т.

2. Нетрадиционные двигатели внутреннего сгорания: монография / А.Н. Токарев, В.В. Нешатаев, С.А. Ульрих. – Барнаул: Изд-во Алтайского гос. тех. ун-та, 2010, - 82 с.

3. Токарев А.Н., Нешатаев В.В. Разработка конструкции турбокомпрессорного двигателя внутреннего сгорания // Ползуновский вестник.– 2009.- № 1-2.- С. 164-168.

4. Токарев А.Н., Токарев М.Ю. Системы впуска и выпуска роторного двигателя внутреннего сгорания турбокомпрессорного типа // Ползуновский вестник. – 2012. - № 3/1.- С. 128-131.

5. Токарев А.Н., Токарев М.Ю. Rotary interhal-combustion engine of turbo-compressor type // В журнале «International virtual journal for science, technics and innovations for the industry. MTM. Machines, technologies, materials».- Издатель: научно-техническое общество машиностроителей. Болгария, София, 2012.

6. Токарев А.Н., Токарев М.Ю. Конструирование перепускных каналов роторного двигателя АлтГТУ // Состояние и перспективы развития социально-культурного и технического сервиса: материалы 1-ой всероссийской научно-практической конференции.- Бийск: Изд-во АлтГТУ, 2013.-286 с.

**Токарев А.Н.**, к.т.н., проф.,

e-mail: [tokarewan@mail.ru](mailto:tokarewan@mail.ru)

**Токарев М.Ю.**, студент 4 курса,

e-mail: [tokarevmy@mail.ru](mailto:tokarevmy@mail.ru)

Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова», Барнаул, тел. (83852) 298-745