

С. Я. Алибеков, М. В. Крашенинников, А. В. Маряшев,
Р. С. Сальманов

РОТОРНЫЙ КОМПРЕССОР ДЛЯ ПНЕВМОСИСТЕМ ЛЕСНЫХ МАШИН

Ключевые слова: компрессор, эксцентриковый ротор, катящийся ротор, заслонка, гибкие элементы, клапан.

Описывается опыт проектирования роторного компрессора для пневмосистем тяжелых лесных машин. Кратко дается обзор возможных альтернативных вариантов компрессоров, описывается предлагаемая к разработке конструкция.

Keywords: compressor, rotor eccentric, rolling rotor, flap, the flexible elements, valve.

The experience of designing rotary compressor for pneumatic heavy forest machinery. Brief gives an overview of possible options for compressor, describes the development of the proposed design.

Одним из элементов лесной машины, имеющей пневматическую тормозную систему, а также систему подкачки шин, является компрессор, который, в наиболее часто встречаемом исполнении, приводится в движение основным двигателем машины. При этом для функционирования данного элемента лесной машины расходуется дополнительное моторное топливо, также компрессор добавляет массу к основному оборудованию машины.

Для создания давления в пневматических системах лесных машин в настоящее время наиболее часто используются поршневые компрессоры. К достоинствам таких компрессоров относятся высокое давление нагнетания, большой моторесурс, простота конструкции. При этом существуют серьезные недостатки, такие как высокая вибрация, наличие кривошипно-шатунного механизма, необходимость использования клапанной системы, что снижает надежность. Также отмечено, что компрессоры такой конструкции требуют высокой удельной мощности привода, что связано с преодолением сил трения, которые присутствуют при запуске.

При учете, что в данной сфере применения требуется невысокое давление на выходе компрессора (в пределах 8 атм), возможно применение компрессоров других конструкций, таких как пластинчато-роторные, пластинчато-статорные и с катящимся ротором. Эти машины тоже имеют недостатки, такие, как сложность конструкции, по причине которой себестоимость даже устройства малой производительности будет выше, чем у поршневого компрессора тех же параметров, а также наличие фрикционных пар, необходимость уплотнения зазоров. При этом существуют неоспоримые плюсы таких машин – это высокая производительность, причем ротационные компрессоры обладают при тех же габаритных размерах более высокой производительностью, чем пластинчато-статорные и пластинчато-роторные, а также низкими потерями на трение. В настоящее время в промышленности такие конструкции часто применяются для достижения вакуума, а также в холодильной технике.

Нами разработана конструкция и изготовлен компрессор с эксцентриковым ротором, который должен вместить в себе плюсы вышеописанных машин объемного действия, что позволит ему эффективно заменять их в нише малых производи-

тельных, имея преимущество в цене изготовления [3]. Главной особенностью предлагаемого устройства, которое выгодно отличает его от своего прототипа, роторного компрессора с катящимся ротором, является возможность изготовления набора ключевых деталей (ротор, статор, заслонка) одним массивом, деталью, выполненной из пластичного материала, способного выдерживать изгибающие циклические нагрузки, что делает возможным значительно упростить и удешевить изготовление таких компрессоров.

Согласно патенту, наиболее близким аналогом является компрессор (Rotary compressor US006827564B2), содержащий корпус с впускным и выпускным окнами, гибкую разделительную пластину, которая закреплена на роторе между впускным и выпускным окнами, и, другим концом, на внутренней стороне корпуса, вал, установленный на подшипниках, и ротор, который установлен через подшипник на эксцентрично расположенном на валу внутреннем роторе, причем выпускное окно имеет клапан. Недостатком данного устройства является недостаточная надежность и долговечность из-за наличия клапана, который усложняет и удорожает конструкцию.

Также существует множество других конструкций, использующих принцип работы с вращением эксцентрикового ротора, например автор патента США 6468045 В1 предлагает в своей работе использовать поворотный кран – конструкцию, имеющую ось, и прижимаемую к эксцентрику пружиной, рис. 1.

Конструкция имеет некоторые преимущества перед классической конструкцией с катящимся ротором, например более надежное уплотнение в области заслонки, как утверждает авторами. При этом отметим определенные недостатки, которые отсутствуют в описываемой в работе конструкции: это, прежде всего, сложность конструкции заслонки, которая состоит из 4 подвижных друг относительно друга деталей, а также ограничение окружной скорости ротора, поскольку здесь, как и в классической конструкции, присутствует пара трения ротор-заслонка, которая, в данном случае, определена двумя зонами контакта. Также следует обратить внимание, что при работе такой конструкции одновременно может создаваться переток из области

нагнетания в область всасывания, т.к. клапанная система отсутствует, а в верхнем положении ротора (заслонка максимально уходит в корпус) благодаря геометрии конструкции впускное и выпускное окна оказываются открыты в общий объем, не разделенный ни заслонкой, ни ротором.

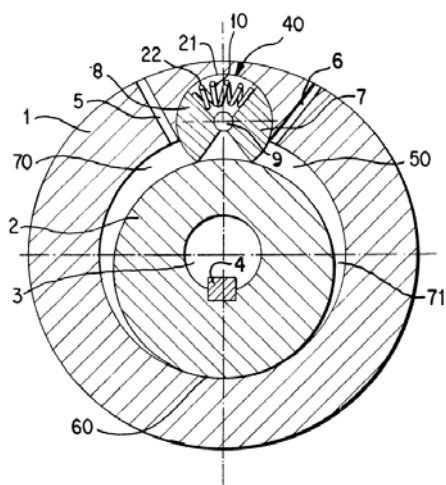


Рис. 1 - Конструкция роторного насоса, патент 6468045 В1: 1 – корпус, 2 – эксцентрик, 3 – приводной вал, 4 – шпонка, 5 – выпускное окно, 6 – выпускное окно, 7,8 – механизм заслонки, 9 – ось заслонки, 10 – пружина, 70 – выпускной объем, 50 – впускной объем, 60 – зазор между ротором и статором

В предлагаемом к разработке исполнении роторный компрессор рис.2 содержит корпус с вырезом под заслонку, впускным и выпускным окнами, крышку, вал, и ротор. Ротор содержит два элемента с возможностью поворота их друг относительно друга, при этом первый элемент представляет собой цилиндр, закрепленный на валу эксцентрично к его оси вращения, а второй элемент выполнен в виде полого цилиндра, установленного на первом элементе через подшипник, и шарнирно соединенного с одним из концов заслонки [1]. Заслонка выполнена в виде изогнутой пластины, и другим концом шарнирно прикреплена к корпусу с возможностью поворота относительно горизонтальной оси, а также возможностью отделения объема всасываемой жидкости от объема вытесняемой среды. При этом выпускное окно выполнено на боковой стороне корпуса с возможностью его закрытия ротором.

Роторный компрессор содержит корпус 1 с внутренней цилиндрической рабочей поверхностью В, ротор 2 цилиндрической формы, установленный на валу 3 эксцентрично к его оси вращения, полый цилиндр 4, установленный на роторе 2 через подшипник 9 с возможностью вращения относительно ротора 2, сборную заслонку 5, имеющую форму изогнутой пластины, которая одним из концов шарнирно крепится к корпусу 1, в котором есть впускное и выпускное окна 6 и 7 соответственно, а другим концом шарнирно крепится к полному цилиндру 4 ротора 2, что не позволяет ему вращаться вместе с ротором 2, при этом заслонка входит в вырез корпуса 8 в крайнем нижнем положении. Буквами V и N обо-

значены крайние точки положения заслонки: V – максимально открытая, N – полностью закрытая.

При вращении ротор 2 образует со сборной заслонкой 5 небольшой объем, который минимален при наиболее близком положении ротора 2 к впускному окну 6, и, увеличиваясь по мере вращения ротора 2, всасывает через впускное окно 6 перекачиваемую среду, которая заполняет этот объем до максимального (положение ротора 2, когда выпускное окно 7 начинает открываться ротором). При начале второго оборота ротор 2 вытесняет эту среду через выпускное окно 7. При работе насоса заслонка 10 разделяет полость всасывания и полость нагнетания, благодаря расположению выпускного отверстия 7 на боковой стенке корпуса его открытие происходит только после отделения зоны всасывания, что обеспечивает отсутствие обратного перетока и позволяет отказаться от клапана.

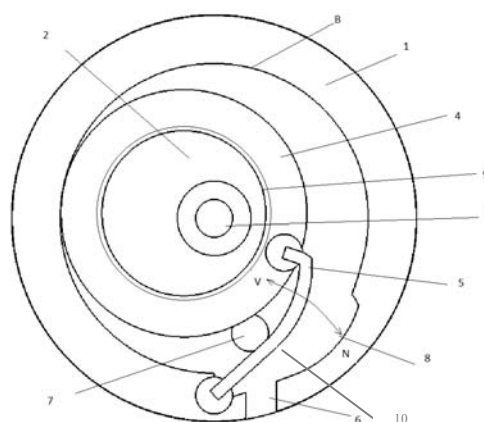


Рис. 2 - Роторный компрессор: 1 - корпус с внутренней цилиндрической рабочей поверхностью В, 2 - ротор цилиндрической формы, 3 – приводной вал, 4 - полый цилиндр, 5 - сборная заслонка, имеющая форму изогнутой пластины, 6 и 7 - впускное и выпускное окна, 8 - вырез корпуса, 9 – подшипник, 10 - заслонка

Также стоит рассмотреть исполнение конструкции такого компрессора из гибких материалов, что способно не только значительно удешевить конструкцию, но и снизить перетоки, которые происходят в областях шарниров жесткой заслонки. Такое техническое решение увеличивает ремонтпригодность насоса: для его починки достаточно снять крышку, и, не снимая приводного вала и ротора, заменить изношенную деталь. Форма детали дана на рис.3.

Поясним рисунок: полый цилиндр, описанный выше, и данный на рис. 2 под номером 4, а также крепящаяся к нему посредством шарнира заслонка заменяются на цельную отлитую, или вырезанную деталь, имеющую заданную упругость заслонки, и устанавливаемую в паз корпуса, аналогично описанной металлической сборной заслонке. Деталь изготавливается из материала, имеющего высокую износостойкость, что даст возможность выдерживать циклические деформации, происходящие в области перехода заслонки в кольцо ротора, и в самой заслонке.

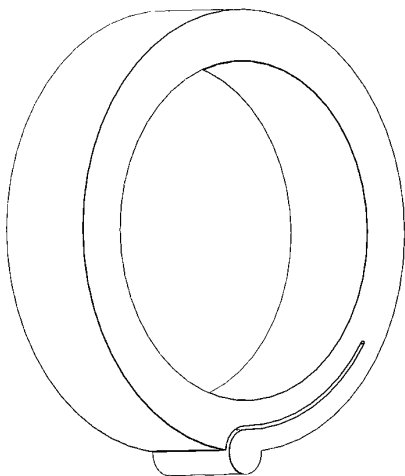


Рис. 3 - Заслонка из гибкого материала

Следует заметить, что данное исполнение имеет и такие плюсы, как снижение потерь на трение, в том случае, если используются антифрикционные материалы, такие, как фторопласт, использованный в изготовлении опытной модели. Также в целях снижения потерь на трение ради снижения износа, и повышения предельной скорости вращения ротора возможна поверхностная обработка изделия, например, при применении резин, согласно автору [2] возможна их обработка фторуглеродами, что значительно снизит трение в паре корпус-ротор. При таком исполнении заслонки также снижаются требования к точности изготовления, т.к. становится необязательным выдерживать точный 0,1-0,15 мм зазор между эксцентриковым ротором и стенкой корпуса, а также между торцевыми стенками, ввиду того, что пластичный материал с низким коэффициентом трения может быть прижат к этим стенкам, при этом даже имея незначительную деформацию. Это может сместить объемы утечки к пренебрежимо малым величинам, которые нет необходимости применять в расчете.

Разработанная нами конструкция имеет следующие недостатки:

Невозможность изготовления компрессора для высоких подач, высокой частоты вращения, что ограничивается механическими свойствами применяемого материала. Впрочем, при применении металлов, композитных материалов, сборных конструкций заслонки, этот недостаток возможно обойти в определенных пределах.

Необходимость учета силы упругости, которая действует при циклических деформациях детали.

Необходимость учета деформаций детали из гибких материалов и внутреннего трения.

Ограничение увеличения эксцентриситета ротора в зависимости от используемого материала детали.

В силу конструктивных признаков, возможность применения только в областях малых давлений.

Таким образом можно сделать следующие выводы: разработанную конструкцию можно применять для перекачки различных сред. Так в областях, где возможны высокие нагрузки на заслонку (вероятность попадания жидкости в компрессор), и при этом отсутствии абразивной взвеси в перекачиваемой среде, следует применять компрессор с шарнирной заслонкой, и, напротив, при перекачке агрессивных сред, сред с абразивными включениями, имеет смысл применять заслонку в исполнении одной деталью с ротором.

Конструкция имеет широкие возможности для модернизации в зависимости от специфики применения. Так, в случаях, когда необходима перекачка таких агрессивных сред, как пары кислот, и др. можно изготовить компрессор, в котором рабочая камера вообще не имеет металлических стенок, торцевые стенки, а также непосредственно заслонка с кольцом выполнены из химически стойкого пластика, впускное и выпускное окна – в торцевой стенке.

Данная конструкция модернизируется нами с предложением новых технических решений. Для проведения расчетов по объемам, мощности, и др. целесообразно рассматривать насос с жесткой, недеформируемой заслонкой, что позволит отказаться от учета в расчете влияния деформации заслонки на впускной и выпускной объемы, и успешно рассчитать математическую модель для выбранной области применения – компрессора пневмосистем лесных машин.

Литература

1. Алибеков С.Я., Крашенинников М.В., Сальманов Р.С., Маряшев А.В. Роторный насос от идеи до модели, - Вестник казанского технологического университета, 2013-6, с. 160-162.
2. Арзамасов Б.Н. Конструкционные материалы, — М.: Машиностроение, 1990, 687 с.
3. Крашенинников М.В., Сальманов Р.С., Алибеков С.Я., Маряшев А.В. Роторный насос от идеи до модели – стадия изготовления, - Вестник казанского технологического университета, 2013-8, с. 279-281.
4. Поляков В.В. Насосы и вентиляторы: Учебное пособие./ Скворцов Л.С. – М.: Стройиздат, 1990г. – 336 с.
5. Шумский К.П. Вакуумные аппараты и приборы химического машиностроения. М., Машиностроение, 1974, 576 с.
6. Erich Becker. Патент US Rotary compressor US006827564B2, 7 дек 2004.
7. Xiaoying Yun. Патент Rotary piston pump 6468045 B1. 22 окт 2002.