

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 производительностей, 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 утверждается 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 кратковременно 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 полуму 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 обозначены 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.

100 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.