

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

DOI: 10.12737/article_5968b4520acbd1.62085217

Богданов В.С., д-р. техн. наук, проф.,
Лозовая С.Ю., д-р. техн. наук, проф.,
Фадин Ю.М., канд. техн. наук, проф.,
Гавриленко А.В., ассистент,
Кулаков Л.С., магистрант,
Гавшин А.П., студент

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ИССЛЕДОВАНИЕ МУЛЬТИСОПЛОВОГО АЭРАЦИОННОГО УСТРОЙСТВА В ПНЕВМОКАМЕРНОМ НАСОСЕ

andrej.402@mail.ru

Совершенствование оборудования предприятий строительных материалов требует значительных материальных затрат. Так и в производстве строительных материалов при транспортировании цемента с помощью пневмокамерных насосов (ПКН) с верхней разгрузкой потребляется большой расход сжатого воздуха. Для проведения модернизации с целью сокращения энергопотребления необходимо провести предварительные экспериментальные и теоретические исследования, по результатам которых можно определить рациональные параметры ПКН. В статье рассмотрены факторы, влияющие на производительность ПКН и расход сжатого воздуха и рассмотрен процесс создания псевдоожигженного слоя в нижней части камеры насоса. Представлены результаты имитационного моделирования, по которым можно оценить эффективность разработанного аэрационного устройства.

Ключевые слова: сжатый воздух, пневмокамерный насос, сыпучий материал, мультисопловое аэрационное устройство, псевдоожигжение.

Предприятия РФ имеют в значительной своей части промышленное оборудование 60–70 г.г. выпуска XX века, замена которого современным оборудованием требует больших капитальных затрат и длительных сроков окупаемости, в том числе необходимо переобучение персонала. Указанные причины затрудняют внедрение новых технологий из-за высокой стоимости начальных затрат и, как правило, приводят в среднесрочном периоде к росту себестоимости выпускаемого предприятием конечного продукта. Развитие промышленного производства ориентируется на применение новых машин и технологий, модернизацию существующего оборудования. Модернизация предполагает улучшение существующих параметров производительности оборудования при одновременном снижении удельных затрат на выпускаемую продукцию, т.е. направлена на энергосбережение и снижение себестоимости. Пневмокамерные насосы с верхней разгрузкой нашли очень широкое применение на заводах различных отраслей промышленности.

Анализ конструкций пневмокамерных насосов [1] с верхней разгрузкой показал, что наиболее целесообразно использовать соотношение высоты камеры к ее диаметру (H_k/D_k) равным

1,3–1,7 [1], также диаметр разгрузочной трубы связан с диаметром камеры насоса следующей зависимостью $D \approx 0,1D_k$, поэтому данные соотношения были применены при проектировании лабораторной установки ($H_k=0,7$ м, $D_k=0,4$ м, $D=0,04$ м, $\psi=90^\circ$).

Были проведены предварительные оценочные испытания по определению рационального угла раскрытия ψ конфузора, величина которого влияет на количество оставшегося цемента в камере насоса после окончания разгрузки. Также нужно отметить, что угол раскрытия влияет на интенсивность вовлечения материала в разгрузочную трубу. Были изготовлены конфузоры с углами раскрытия 50° , 70° , 90° . В результате экспериментов установлено, что при угле раскрытия больше 90° загружаемый материал зависает на крыльях конфузора, а при угле 50° процесс всасывания происходит с той же интенсивностью, что и без конфузора, поэтому целесообразно применять конфузоры с углом раскрытия примерно 80° – 90° .

В экспериментальных исследованиях использовались мультисопловые аэрационные устройства различных конструкций. Для созда-

ния псевдооживленного слоя применялось аэрационное устройство с прямыми соплами. А для создания псевдооживленного слоя с вихреобразным полем в зоне конфузора было изготовлено аэрационное устройство с соплами, концы которых относительно своей вертикальной оси имеют угол изгиба $\gamma_1=60^\circ$, а относительно радиуса, проведенного через ось сопла из центра аэрационного устройства, имеют угол поворота сопел $\gamma_2=25^\circ$ (рис. 1, б).

Угол изгиба γ_1 может варьироваться в пределах $50-70^\circ$ в зависимости от размеров камеры насоса, количества и шага витков. Здесь очевидно, что чем больше размер камеры, шаг и количество витков, тем угол изгиба сопел должен

быть меньше. Угол поворота сопел γ_2 целесообразно изменять в пределах $15-30^\circ$, так как при угле поворота более 30° струи воздуха пересекаются и гасят друг друга, не образуя вихреобразное поле, способствующее вовлечению материала в разгрузочную трубу. При угле, меньшим 15° , происходит разделение потоков, при этом частицы, находящиеся у стенки камеры при соударении с ней будут опускаться на дно камеры, увеличивая время разгрузки. Что подтверждается результатами имитационного моделирования создания псевдооживленного слоя в зависимости от формы и расположения сопел (рисунок 1) с использованием программного продукта Solid Works [2, 3].

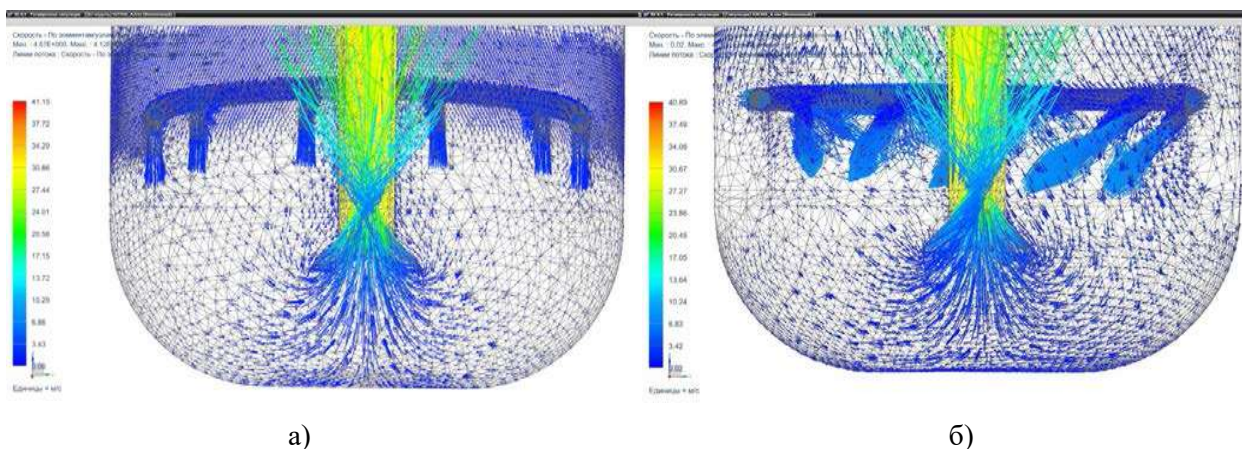


Рис. 1. Результаты имитационного моделирования создания псевдооживленного слоя в зависимости от формы и расположения сопел:
а – прямые сопла, б – сопла с углами поворота и изгиба

На рис. 1, а видно, что струя воздуха, выходящая из сопла, стремится к разгрузочной трубе практически по прямой траектории, и только у входа в разгрузочную трубу за счет встречи потоков воздуха, выходящих из соседних сопел, создается псевдооживленный слой, где и происходит активный процесс смешения воздуха с цементом. Но при этом возможно нежелательное создание поровых каналов, через которые воздух проходит, не оказывая воздействия на цемент, что является отрицательным в процессе псевдооживления. С другой стороны, у дна камеры насоса возникают так называемые мертвые зоны, в которых струи воздуха практически не оказывают полезного воздействия на загруженный материал, что влечет за собой увеличение времени разгрузки и расхода сжатого воздуха.

На рис. 1, б хорошо просматриваются потоки, которые создаются струями воздуха, выходящим из сопел с углами поворота и изгиба. Как видно, потоки воздуха активнее действуют на цемент в зоне подачи воздуха из сопел, наиболее удаленных от разгрузочной трубы, а также у дна камеры насоса [4]. У дна камеры ближе

к центру создается вихревое поле, которое оказывает более эффективное воздействие на материал и препятствует образованию сквозных каналов, из-за чего повышается однородность распределения цемента в псевдооживленном слое. За счет действия направленных вниз и по касательной составляющих скорости струи устраняются застойные зоны и поровые каналы, что существенно влияет на расход сжатого воздуха. При этом создаваемая зона псевдооживления (рис. 1, б) имеет большие размеры, чем при использовании прямых сопел (рис. 1, а), что облегчает процесс вовлечения цементно-воздушной смеси в разгрузочную трубу, а, следовательно, сокращает время разгрузки камеры насоса.

Здесь нужно отметить, что при некоторых условиях, например, при агрегировании цемента повышается его насыпная плотность, поэтому часто при подаче воздуха из сопел возникают так называемые поровые или сквозные каналы, через которые воздух проходит сквозь цемент, не смешиваясь с ним и не создавая в этой области кипящего слоя.

Количество сопел n_c , диаметр сопел D_0 , количество рядов сопел n_r , шаг между рядами сопел

h_r определяются геометрическими и технологическими параметрами пневмокамерного насоса, которые дают возможность струям воздуха, выходящего из сопел, охватить весь объем материала в зоне разгрузки [5].

Известно, что коэффициент загрузки камеры материалом зависит от ее конструкции, а также физико-механических свойств материала варьируется в пределах $k_z=0,75-0,85$, для насосов с верхней разгрузкой, как правило, используется $k_z=0,75$ [6].

Проведенные исследования показали эффективность работы разработанного аэрационного устройства за счет создания однородного псевдоожиженного слоя транспортируемого материала. Получены целесообразные соотношения величин основных факторов для наибольшего значения производительности пневмокамерного насоса и соответствующему оптимальному расходу сжатого воздуха, а также геометрические параметры мультисоплового аэрационного устройства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Урбан Я. Пневматический. Под ред. Л.М. Шведова. М.: Машиностроение, 1967. 253 с.
2. Гавриленко А.В. Определение потерь давления в установке пневматического транспорта

материалов // Вестник ИрГТУ. 2015. №4. С. 23–26.

3. Богданов В.С., Гавриленко А.В. Расчет оптимальных параметров аэрационного устройства пневмокамерного насоса // Научные технологии и инновации: сб. докладов Юбилейной Международной науч.-практ. конф., посвященной 60-летию БГТУ

4. Богданов В.С., Фадин Ю.М., Лунев А.С., Гавриленко А.В. Расчет основных параметров, характеризующих разгрузку пневмокамерного насоса // Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов: межвуз. сб. ст. / под ред. В.С. Богданова. Белгород, 2014. Вып. XIII. С. 51–53.

5. Богданов В.С., Гавриленко А.В., Лунев А.С. Пневмокамерный насос для транспортировки сыпучих материалов // Молодежь и научно-технический прогресс: Сборник докладов VII международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 3 т. Т.1. / Старый Оскол: ООО «Ассистент плюс», 2014. С. 163–166.

6. Дуда В. Цемент. Пер. с нем. Е.Ш. Фельдмана. М.: Стройиздат, 1981. 464 с.

Bogdanov V.S., Lozovaja S.Y., Fadin Y.M., Gavrilenko A.V., Kulakov L.S., Gavshin A.P. **INVESTIGATION OF A MULTI-SAFE AERATION DEVICE IN A AIR-CAMERA PUMP**

Improving the equipment of construction materials companies requires significant material costs. So in the production of building materials for the transport of cement with pneumatic chamber pumps (PKN) with the top discharge a large consumption of compressed air is consumed. To carry out modernization in order to reduce energy consumption, preliminary experimental and theoretical studies should be carried out, based on the results of which it is possible to determine the rational parameters of PKN. In the article the factors influencing the productivity of the SCP and the compressed air consumption are considered and the process of creating a fluidized bed in the lower part of the pump chamber is considered. The results of simulation modeling are presented, according to which it is possible to estimate the efficiency of the developed aeration device.

Key words: *compressed air, pneumatic chamber pump, granular material, melissophobia aeration device, the fluidization.*

Богданов Василий Степанович, доктор технических наук, профессор кафедры механического оборудования. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Лозовая Светлана Юрьевна, доктор технических наук, профессор кафедры механического оборудования. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Фадин Юрий Михайлович, кандидат технических наук, профессор кафедры механического оборудования. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Гавриленко Андрей Владимирович, ассистент, научный сотрудник кафедры механического оборудования. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: andrej.402@mail.ru

Кулаков Леонид Сергеевич, магистрант кафедры механического оборудования.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: leo.kulakov@mail.ru

Гавшин Алексей Петрович, студент кафедры механического оборудования.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.