

УДК 625.435.004

Н.С. Кобелев, д-р техн.наук, профессор, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск, Россия) (e-mail: tgv-kstu6@yandex.ru)

В.А. Жмакин, канд. техн.наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск, Россия) (e-mail: tgv-kstu6@yandex.ru)

В.Н. Кобелев, канд. техн.наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск, Россия) (e-mail: tgv-kstu6@yandex.ru)

В.И. Зенченков, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск, Россия) (e-mail: tgv-kstu6@yandex.ru)

Н.А. Шаталова, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск, Россия) (e-mail: tgv-kstu6@yandex.ru)

ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЙ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ПРОЦЕСС ПРОИЗВОДСТВА СЖАТОГО ВОЗДУХА В СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ

В статье в соответствии с принятием Федерального закона от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении экологической безопасности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» авторами разработано и предложено для внедрения инновационное решение по экологически безопасному производству сжатого воздуха, широко используемому в строительной индустрии как в Российской Федерации так и в ближнем и дальнем зарубежье. В связи с тем, что добыче строительного материала, его транспортировке и использовании при создании строительных элементов сопутствует значительное выделение загрязнений, особенно в виде твердых частиц, оказывающих существенное влияние на экологические параметры в промышленных зонах, проблема экологической безопасности населения является актуальной и требует своего решения. На основании проводимой на кафедре «Теплогазоводоснабжения» научно-исследовательской работы в рамках стратегического развития вуза предложено техническое устройство для производства сжатого воздуха нормированных параметров, обеспечивающее экологически чистое производство пневматической энергии. Новизна технического решения защищена патентом Российской Федерации и может эффективно использоваться в различных отраслях народного хозяйства. Это достигается путем обработки всасываемого атмосферного воздуха в воздушном фильтре компрессора, в котором используется явление завихрения и термодинамического расслоения с интенсификацией очистки от мелкодисперсных загрязнений в виде пыли и каплеобразной влаги. Разработана математическая модель экологического процесса производства сжатого воздуха путем очистки потока всасываемого атмосферного воздуха, которая стала основой разработки ряда технических решений воздушных фильтров компрессоров.

Ключевые слова: экологически безопасная компрессорная установка, предприятия строительной индустрии, атмосферный всасываемый воздух, мелкодисперсная пыль и каплеобразная влага, суживающиеся сопло, завихрение, термодинамическое расслоение, снижение температуры воздуха.

DOI: 10.21869/2223-1560-2017-21-5-38-44

Ссылка для цитирования: Экологически безопасный автоматизированный процесс производства сжатого воздуха в строительной индустрии / Н.С. Кобелев, В.А. Жмакин, В.Н. Кобелев, В.И. Зенченков, Н.А. Шаталова // Известия Юго-Западного государственного университета. 2017. Т. 21, № 5(74). С. 38-44.

Принятие Федерального закона от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении экологической безопасности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» потребовало решения проблемы снижения энергетических затрат на производство, транспортирование и использование тепло- и энергоресурсов,

в том числе и в строительной отрасли. Состав атмосферного воздуха всасываемого в компрессор на предприятиях строительного производства, например завод крупнопанельного домостроения г. Курска, определяется не только объективно существующими факторами (географические, метеорологические) но и технологические. Основными источни-

ками пылевыведения на строительных площадках являются участки поверхности, покрытые мелко взвешенными пылевидными фракциями – насыпи песка и т.д., а также операции, связанные с перемещением сыпучего материала.

Наличие дополнительной влаги в атмосферном воздухе зависит как от погодноклиматических условий (например, для Центрально-чернозёмного района средне-статистические многолетние влагосодержания изменяются 0,98-8,97 г/кг сухого воздуха), так и технологических особенностей – обработка паром панели когда на 1 куб всасываемого в компрессор воздуха приходится до 5 грамм капельной влаги [1].

Пыль технологическая и атмосферная, не отделённая в воздушном фильтре компрессора, проникает через всасывающие клапаны в цилиндры компрессоров, в результате чего наблюдается повышенный износ цилиндров, поршней, и поршневых колец, клапанов и других деталей. Кроме того, пыль, проникая в картер компрессора, попадает в масло, что стимулирует повышенный износ коренных и шатунных подшипников коленчатого вала. Всё это приводит к снижению экологических показателей промзоны и увеличению расхода электроэнергии на выработку сжатого воздуха.

Запыленность воздуха является величиной, изменяющейся в широком пределе в зависимости от размеров и массы пылинок, толщины слоя пыли, осаженной как при транспортировке сыпучих материалов в строительном производстве, так и на пути движения карьерной горной машины, скорости и направления ветра. Поэтому в зоне нахождения всасывающего фильтра компрессора наблюдается интенсивное витание частиц пыли, являю-

щихся «ядрами конденсации» пара атмосферного воздуха, а также слипания мелкодисперсной пыли, находящейся в среде, окружающей территорию строительного предприятия или карьера [2].

При включении компрессора происходит всасывание объема атмосферного воздуха, находящегося непосредственно у входного отверстия воздушного фильтра [3,4].

Микроравихрения движущихся твердых частиц пыли из хаотического движения при воздействии процесса всасывания переходят в направленное. Независимые завихрения объединятся в вихревые шнуры в связи с тем, что наблюдается асимметрия между объединяющимися микроравихрениями и осью входного отверстия воздушного фильтра компрессора [5].

Фильтр работает следующим образом (рис. 1,2,3,4,5, 6). При наличии определенного объема жидкости в коническом днище 2 корпуса 1 конденсатоотводчик 8 подымается и жидкость перемещается в отверстие 23 для удаления в окружающую среду. Образующаяся при этом ржавчина и окалина препятствует перемещению конденсатоотводчика 8 в отверстию 23, и как следствие он заедает, фиксируя не полностью открытое положение с частичным удалением жидкости и всасываемого воздуха через отверстие 23. После выполнения нанесения наноматериала 24 в виде стеклообразной пленки 25 на внутреннюю поверхность 22, воздушно-паровые пузырьки не налипают на нее, а скользят вместе с потоком удаляемой жидкости в окружающую среду [6]. Следовательно, практически устраняется коррозионное разрушение материала отверстия 23 и конденсатоотводчик 8 работает в нормированном режиме, когда по

мере накопления жидкости в коническом днище 2 до заданного уровня конденсатоотводчик 8 открывает отверстие 23, сбрасывая часть жидкости в окружающую среду, без допуска воздуха, находящегося в корпусе 1 к внутренней поверхности 22. По мере поступления атмосферного воздуха в полость 12 корпуса 1 фильтра капельная влага, находящаяся в потоке, ударяется об отражательную перегородку 9 и заполняет поры 20, накапливаясь в них, т.к. поверхность 21 выполнена сплошной. Кинетическая энергия удара потока воздуха и каплеобразной влаги приводит к выделению теплоты, обеспечивающей постепенное (растянутое во времени) испарение влаги, что способствует снижению температуры атмосферного воздуха, контактирующего с отражательной перегородкой 9 [6]. Температура атмосферного воздуха снижается на 3-5°C, что приводит к увеличению плотности воздуха и обеспечивает подачу нормированного массового количества атмосферного воздуха в компрессор без дополнительных энергозатрат на привод компрессора в связи с возрастанием температуры окружающей среды (особенно в летний период).

На внешней поверхности конической насадки 15 штуцера вывода очищенного воздуха 3 выполнены радиальные канавки 16, кривизна направляющей которых направлена по ходу часовой стрелки, а на внутренней поверхности 17 конического днища 2 выполнены винтовые канавки 18, кривизна направляющих которых направлена против хода часовой стрелки. В этом случае при накоплении конденсата в коническом днище 2 до уровня открытия конденсатоотводчиком 8 отверстия в нижней части наблюдается перемещение жидкости, контактирующей с

внешней поверхностью конической насадки 15 штуцера вывода очищенного воздуха 3, и она, перемещаясь по винтовым канавкам, закручивается, образуя уже на выходе из кольцевой щели и далее, выходя из отверстия, открытого конденсатоотводчиком 8 в коническом днище 2, воронку с повышенной скоростью истечения, что ускоряет время полного открытия отверстия в коническом днище 2. Выполнение радиальных канавок 16 на внешней поверхности конической насадки 15 штуцера вывода очищаемого воздуха 3 конического днища 2 приводит к вращению потока жидкости в процессе истечения по ходу часовой стрелки. Кроме того, очищаемый атмосферный всасываемый воздух, перемещаясь по ходу часовой стрелки, образует на поверхности зеркала конденсата конического днища 2 микроворонку, вращающуюся в том же направлении. В результате на поверхности жидкости образуются встречно движущиеся микровзвихрения, которые, сталкиваясь, приводят к микровзрывам, воздействующим на поверхность сконденсировавшейся жидкости в коническом днище 2. Дополнительное воздействие на поверхность сконденсировавшейся жидкости практически устраняет инерционность конденсатоотводчика 8 в процессе закрытия отверстия в коническом днище 2 при окончании сброса конденсата в окружающую среду из корпуса 1 фильтра [7]. В результате удаления избытка сконденсировавшейся жидкости из конического днища 2 через отверстие в нижней части осуществляется без дополнительного расхода атмосферного воздуха, который после соответствующей обработки в качестве всасываемого в полном объеме в режиме резонансного наддува поступает через штуцер вывода очищенного воздуха 3 в компрессор.

Полость 12 представляет собой объем, заключенный между выходным сечением суживающегося дозвукового сопла 5 и отражательной перегородкой 9. При этом размер выбран так, что он соответствует объему резонатора. В связи с тем, что плотность воздуха, поступающего в полость 12, изменяется в зависимости от погодноклиматических и технологических условий эксплуатации компрессорной станции, резонатор должен иметь переменный объем. За начальное положение объема резонатора принимаются размеры полости 12 воздушного фильтра компрессора, образованного выходным сечением суживающегося дозвукового сопла 5 и отражательной перегородки 9, которая фиксируется пружинами 11 в свободном состоянии на направляющих стержнях 10. В этом случае воздействие, оказываемое атмосферным всасываемым воздухом, определяется наименьшей плотностью, соответствующей максимальной температуре окружающей среды (известно, что чем выше температура воздуха, тем ниже его плотность) и минимальному количеству загрязнений, поступающих в воздушный фильтр компрессора. Все это определяется экспериментальным путем согласно условиям эксплуатации компрессорной станции.

Выполнение криволинейных канавок 6 с полостью в виде ласточкина хвоста практически устраняет вероятность выпадения твердых и сконденсировавшихся каплеобразных частиц, и они, перемещаясь к концевой канавке 13, удаляются оттуда по мере накопления вручную или автоматически через устройство удаления 14. В этом случае в движущемся по суживающимся дозвуковым соплам 5 потоке всасываемого атмосферного воздуха находится то нормированное количество

загрязнений, в допустимых пределах которого построен резонатор, включающий полость 12 и подпружиненную отражательную перегородку 9. В результате осуществляется эффективная работа фильтра со снижением энергоемкости производства сжатого воздуха.

Температура периферийных «горячих» слоев закрученного движущегося потока всасываемого атмосферного воздуха внутри суживающегося дозвукового сопла 5 превышает температуру воздуха среды, окружающей компрессорную установку. Поэтому корпус суживающегося дозвукового сопла 5, выполненный из биметалла, постоянно в процессе производства сжатого воздуха находится под действием температурного напора, приводящего к возникновению в биметаллической конструкции корпусов суживающихся дозвуковых сопел 5 термовибраций [8]. В результате наблюдается разрушение образующихся «пробок» и осуществляется бесперебойное поступление отделенных от движущегося всасываемого атмосферного воздуха загрязнений в концевую канавку 13, находящуюся у металлической сетки 7 суживающихся дозвуковых сопел 5.

Под совместным действием гравитационных сил и термовибрации корпуса суживающихся дозвуковых сопел 5 загрязнения поступают в устройство для удаления загрязнений 14, из которого удаляется вручную или автоматически.

Научное значение данного положения заключается в расширении представления о механизме переходного процесса при движении воздуха или газа (сплошной среды), насыщенного твердыми частицами, через сужения (входное отверстие воздушного фильтра компрессора).

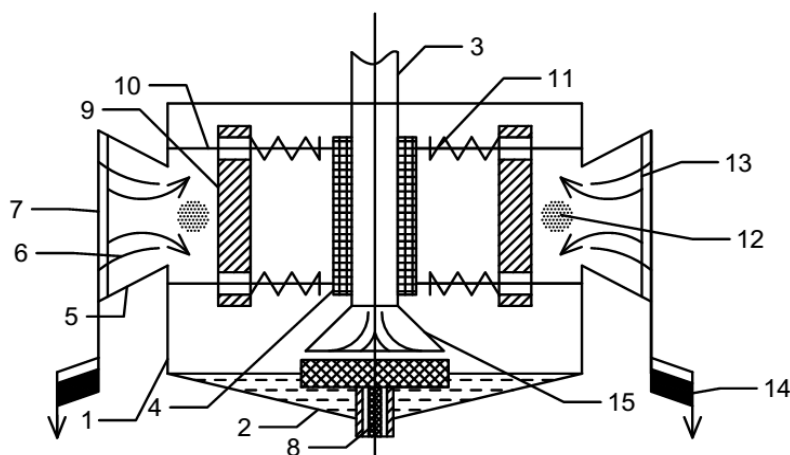


Рис. 1



Рис.2

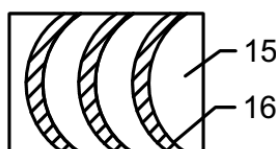


Рис. 3

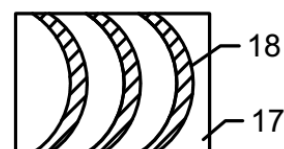


Рис. 4

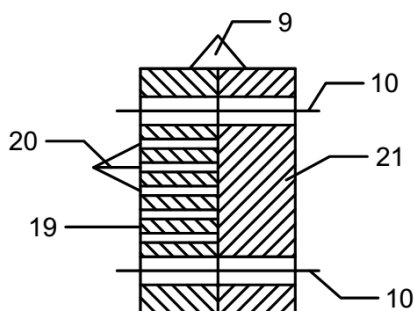


Рис. 5

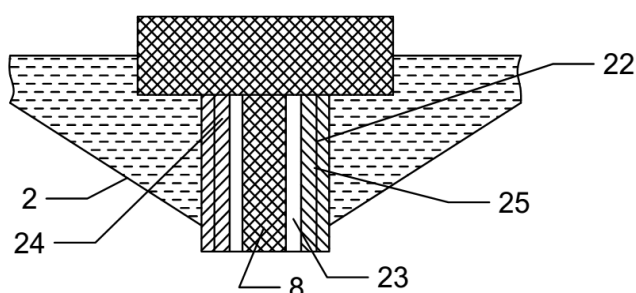


Рис. 6

Практическое значение исследований заключается в создании новых технических решений, связанных с движением неоднородной среды (воздух, насыщенный твердыми частицами пыли). На основании предложенных теоретических положений разработаны технические решения, которые защищены патентами и рекомендованы к внедрению проектными организациями [9,10]. Одна из разработанных конструкций эксплуатируется на компрессорной станции завода крупнопанельного домостроения г. Курска.

В результате внедрения с 2001 г. поддерживаются не только нормируемые экологические параметры при производстве строительных работ, но и обеспечивается экономический эффект от 100 тыс. руб. в год и более в условиях изменяющихся погодных-климатических воздействий на окружающую среду.

Выводы

Разработана математическая модель динамики процесса термодинамического расслоения всасываемого воздуха в воз-

душный фильтр компрессорной установки применительно к условиям эксплуатации на строительных предприятиях при пневмотранспорте сыпучих материалов.

Теоретическое обоснование энергетических изменений компонентов движущегося потока атмосферного воздуха с загрязнениями послужило основанием для разработки оригинальных технических решений по созданию воздушных фильтров для экологически безопасной работы компрессоров. Одна из конструкций прошла промышленно-лабораторные испытания и внедрена на заводе крупнопанельного домостроения г. Курска.

Список литературы

1. СНиП 23-01-29 Строительная климатология. М.: Стройиздат, 2001.
2. Иванова Г.М. Теплотехнические измерения и приборы. М.: Энергоатомиздат, 1984. 230 с
3. Технические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент: справочник / под общ. ред. В.М.Зорина. М.: Энергоатомиздат, 1980. 560 с.
4. Меркулов А.П. Вихревой эффект и его применение в технике М.: Машиностроение, 1991. 386 с.
5. Седов Л.И. Механика сплошной среды. Т. 2. М.: Наука, 1992. 567 с.
6. Кобелев Н.С. Павлова Е.В. Танигина Л.С. Теплотехнические основы автоматизированного контроля теплообмена на пористой перегородки очистного сооружения // Известия Юго-Западного государственного университета. 2012. №3. С. 237-241.
7. Нащокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача. М.: Высш. школа, 1980. 469 с.
8. Дмитриев А.П. Биметаллы. Пермь, 1991. 38 с.
9. Патент 2122067 Российской Федерации: МПК F04 D 25/00. Фильтр для очистки воздуха / Кобелев В.Н., Емельянов С.Г., Кобелев Н.С. [и др.]; заявитель и патентообладатель. Юго-Зап. гос. ун-т. №2009114608/22; заявл. 27.12.2009; опубл. 20.10.2011, Бюл. № 11.
10. Патент 2281418 Российской Федерации: МПК F04 D 25/00. Компрессорная установка / Кобелев Н.С. [и др.]; заявитель и патентообладатель Курск. гос. техн. ун-т. № 2004134206/06; заявл. 23.11.2004; опубл. 10.08.2006, Бюл.№22.

Поступила в редакцию 28.09.17

UDC 625.435.004

N.S. Kobelev, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk, Russia) (e-mail: tgv-kstu6@yandex.ru)

W.A. Gmakin, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk, Russia) (e-mail: tgv-kstu6@yandex.ru)

V.N. Kobelev, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk, Russia) (e-mail: tgv-kstu6@yandex.ru)

W.I. Senzenkow, Postgraduate Student, Southwest State University (Kursk, Russia) (e-mail: tgv-kstu6@yandex.ru)

N.A. Satalova, Southwest State University (Kursk, Russia) (e-mail: tgv-kstu6@yandex.ru)

ENVIRONMENTALLY SAFE AUTOMATED PRODUCTION PROCESS FOR COMPRESSED AIR IN CONSTRUCTION INDUSTRY

The article in accordance with the adoption of the Federal law dated 23 November 2009 No. 261-FZ "On energy saving and increase of ecological safety and on amendments to certain legislative acts of the Russian Federation"

the authors have developed and proposed for implementation of innovative solution for the environmentally safe production of compressed air, widely used in the construction industry in the Russian Federation and in the near and far abroad. Due to the fact that the production of a building material, its transportation and use in the creation of building elements is accompanied by considerable allocations of dirt, especially in the form of solid particles, which have a significant effect on the environmental parameters in the industrial zones, the problem of ecological safety of the population is important and requires your decision. On the basis of the conducted at the Department of "Teplogazosnabzhenie" research work in the framework of the strategic development of the University of the proposed technical device for the production of compressed air of normalized parameters ensuring the environmentally friendly production of pneumatic energy. The novelty of technical solutions, protected by patents of the Russian Federation and can be effectively used in various sectors of the economy.. This is achieved by processing the intake of atmospheric air into the air filter of the compressor, which uses the phenomenon of turbulence and thermodynamic stratification with intensification of purification from fine-dispersed contaminants in the form of dust and droplet of moisture. The mathematical model of the environmental process for the production of compressed air by cleaning the stream of intake atmospheric air, which became the basis for the development of a number of technical solutions to air filters compressors.

Key words: Environmentally friendly compressor, construction industry, atmospheric intake air, fine dust and droplet moisture, tapered nozzle, turbulence, thermal stratification, decrease in air temperature.

DOI: 10.21869/2223-1560-2017-21-5-38-44

For citation: Koblelev N.S., Gmakin W.A., Koblelev V.N., Senzenkow W.I., Satalova N.A. Environmentally safe automated production process for compressed air in construction industry. Proceedings of Southwest State University, 2017, vol. 21, no. 5(74), pp. 38-44 (in Russ.).

Reference

1. SNiP 23-01-29. Stroitel'naja klimatologija. Moscow, 2001.
2. Ivanova G.M. Teplotehnicheskie izmerenija i pribory. Moscow, Jenergoatomizdat, 1984. 230 p.
3. Zorin V.M. Tehnicheskie osnovy teplotehniki. Teplotehnicheskij jeksperiment. Moscow, Jenergoatomizdat, 1980. 560 p.
4. Merkulov A.P. Vihrevoj jeffekt i ego primenenie v tehnike. Moscow, Mashinostroenie, 1991. 386 p.
5. Sedov L.I. Mehanika sploshnoj sredy. Vol. 2. Moscow, Nauka, 1992. 567 p.
6. Koblelev N.S. Pavlova E.V. Tanigina L.S. Teplotehnicheskie osnovy avtomatizirovannogo kontrolja teplomassoobmena na poristoj peregorodki ochistnogo sooruzhenija. Izvestija Jugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta, 2012, no.3. pp. 237-241.
7. Nashhokin V.V. Tehnicheskaja termodynamika i teploperedacha. Moscow, Vyssh. shkola, 1980. 469 p.
8. Dmitriev A.P. Bimetalloy. Perm', 1991. 38 p.
9. Patent 2122067 Rossijskoj Federacii: MPK F04 D 25/00 Fil'tr dlja ochistki vozduha/ Koblelev V.N., Emel'janov S.G., Koblelev N.S. [i dr.]; zajavitel' i patentoobladatel' Jugo-Zap. gos. un-t. N 2009114608/22; zajavl. 27.12.2009; opubl. 20.10.2011, Bjul. № 11.
10. Patent 2281418 Rossijskoj Federacii: MPK F04 D 25/00. Kompresornaja ustanovka / Koblelev N.S. [i dr.]; zajavitel' i patentoobladatel' gos. tehn. un-t N 2004134206/06; zajav. 1.23.11.2004; opubl.10.08.2006, Bjul. N22.