УДК 628.511.123

РАЗРАБОТКА И ОПТИМИЗАЦИЯ МОБИЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПЫЛЕУЛАВЛИВАНИЯ, ПРЕДНАЗНАЧЕННОЙ ДЛЯ ОБЕСПЫЛИВАНИЯ ВЫБРОСОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Сидякин П.А.[1], Щитов Д.В.[1], Магомадов И.З.[2]

[1]*ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет», Пятигорск, Россия (357500, Пятигорск, ул. 40 лет Октября, 56), e-male: sidyakin_74@mail.ru;*
[2]*ФГБОУ ВПО «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова», Грозный, Россия (364051, Чеченская Республика, г. Грозный, пл. Орджоникидзе, 100)*

Наибольшее пылевыделение в атмосферный воздух при проведении восстановительных работ в строительстве наблюдается при операциях, связанных с погрузкой и разгрузкой, и транспортировкой отходов, образующихся при сносе зданий. Применение мобильных аспирационных установок с инерционными пылеуловителями является эффективным решением по локализации пылевых выбросов, образующихся при демонтаже старого жилого фонда. Для мобильных систем наиболее предпочтительной является одноступенчатая компоновка, т.к. она характеризуется меньшими массово-габаритными параметрами и энергопотреблением. Для обеспечения возможности присоединения мобильной аспирационной установки к источнику загрязнения предлагается использование гибкого гофрированного воздуховода, с организацией закрутки потока в целях предотвращения забивания. В ходе экспериментальных исследований получены эмпирические зависимости, характеризующие эффективность очистки и аэродинамическое сопротивление системы аспирации с предложенной компоновкой.

Ключевые слова: демонтаж зданий; пыль; пылевыделение; пылевые отходы; очистка выбросов; строительные материалы; экспериментальная установка; пылеуловители со встречным закрученным потоком; пылеоседание в воздуховодах; закрутка потока в воздуховодах; тангенциальный закручиватель потока; транспортировка отходов.

DEVELOPMENT AND OPTIMIZATION OF MOBILE DUST COLLECTION SYSTEM, DESIGNED FOR DEDUSTING EMISSIONS DURING REHABILITATION IN CONSTRUCTION

Sidyakin P.A.[1], Shitov D.V.[1], Magomadov I.Z.[2]

[1]*North-Caucasus Federal University, Pjatigorsk, Russia, (357500, Pjatigorsk, str. 40 let Oktjabrja 56), e-male: sidyakin_74@mail.ru*
[2]*Federal State Educational Institution of Higher Professional Education «Grozny State Oil Technical University named after M.D. Millionshtchikov», Grozny,Russia, (364051, Chechen Republic, Grozny, 100 Ordzhonikidze Avenue)*

The largest dust release into the air for reconstruction projects in the construction observed in operations related to loading and unloading and transportation of waste generated during demolition. Use of mobile exhaust systems with inertial dust extraction is an effective solution for the localization of dust emissions from the dismantling of the old housing stock. For mobile systems is most preferred one-stage arrangement, since it has lower mass and size parameters and energy consumption. To ensure the possibility of joining the mobile unit to the suction source pollution proposes the use of flexible corrugated duct, with the organization of swirl flow in order to prevent clogging. In experimental studies obtained empirical dependences describing the cleaning efficiency and aerodynamic resistance aspiration system with the proposed arrangement.

Keywords: Dismantling of buildings; dust; dust release; dust waste; treatment of emissions; building materials; experimental setup; precipitators with counter swirling flow; pyleosedanie duct; spin flow in ducts; zakruchivatel tangential flow; transportation of waste.

Вопросы обеспечения экологической безопасности и защиты здоровья работающих при проведении восстановительных работ в строительстве особенно актуальны при значительных объемах обновления жилого фонда, располагающегося в городской черте. При этом остро встает вопрос пылевого загрязнения воздушной среды. Как следует из данных,

полученных при изучении процесса образования пылевых выбросов при демонтаже поврежденных или разрушенных строительных конструкций, наибольшее пылевыделение в атмосферный воздух наблюдается при операциях, связанных с погрузкой и разгрузкой отходов, при их транспортировке автомобильным транспортом [4].

В настоящее время распространен способ предотвращения выбивания пылевоздушной смеси, образующейся при загрузке бункеров сыпучими пылевидными дисперсными веществами, посредством создания разрежения путем организации отсоса из его объема. Таким образом, создание передвижных установок, предназначенных для очистки пылевых загрязнений, содержащихся в воздухе, отводимом из их объема, является перспективным и актуальным.

Одной из проблем при организации обеспыливания передвижных емкостей является сложность присоединения к ней стационарной установки. Для её решения предложено использование гибкого гофрированного шланга, вместо жестких воздуховодов, что облегчает крепеж, монтаж и демонтаж и предоставляет необходимую мобильность для оборудования. С целью предотвращения образования пылевых отложений в гофрированном воздуховоде предлагается организовать закрутку потока посредством применения тангенциального закручивателя [6, 7].

Экспериментальные результаты и их обсуждение

В качестве основного пылеулавливающего оборудования для мобильной аспирационной установки предлагается использование пылеуловителей ВЗП, основными достоинствами которых является характерная для инерционных центробежных пылеуловителей конструктивная простота [2] и сравнительно более высокая степень улавливания мелкодисперсной пыли [1, 3, 5].

Ввиду жестких требований, предъявляемых к массово-габаритным характеристикам мобильной установки, сделан вывод о рациональности использования одноступенчатой схемы системы очистки с рециркуляцией очищенного газа и разделением потока посредством применения центробежного разделителя-концентратора, что позволяет повысить эффективность пылеулавливания. Схема предлагаемой аспирационной системы приведена на рис. 1.

В качестве источника пылевыделения выступает бункер, основные размеры которого повторяют размеры кузова автосамосвала на базе шасси Камаз-540. Модель кузова снабжена укрытием и проемом, в который при помощи ленточного транспортера осуществляется засыпка отходов, транспортируемых с места разбора завалов кирпичной жилой застройки.

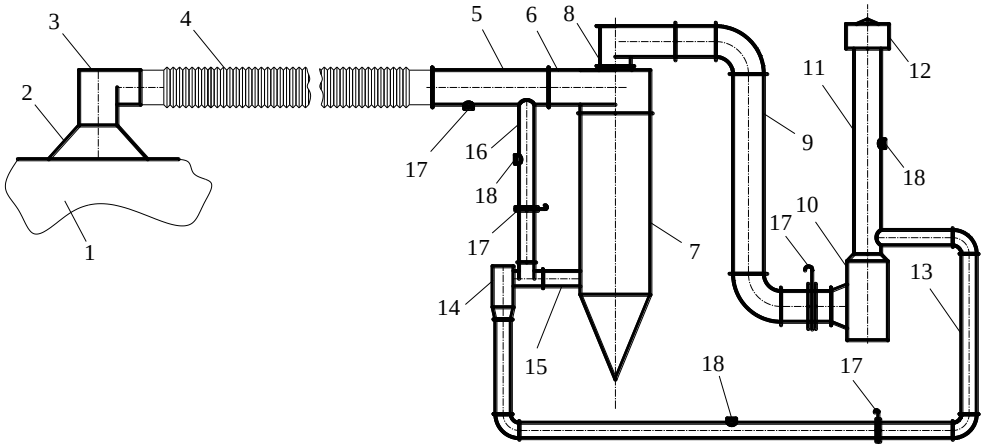

Рис. 1. Схема экспериментальной установки. 1 – аспирируемый бункер; 2 – конфузор; 3 – закручиватель; 4 – гофрированный воздуховод; 5 – входной патрубок; 6 – первичный ввод пылеуловителя ВЗП; 7 – сепарационная камера пылеуловителя ВЗП; 8 – раскручиватель потока; 9, 11 – воздуховоды; 10 – вентилятор; 12 – дефлектор; 13 – рециркуляционный воздуховод; 14 – концентратор-разделитель; 15 – патрубок вторичного потока пылеуловителя ВЗП; 16 – патрубок разделителя-концентратора; 17 – регулирующие заслонки; 18 – замерные штуцеры.

На рис. 2 приведена зависимость эффективности очистки экспериментальной установки от соотношения рециркуляционного расхода, подаваемого на первичный ввод пылеуловителя ВЗП к общему, подаваемому на очистку η ($L_2/L_{общ}$).

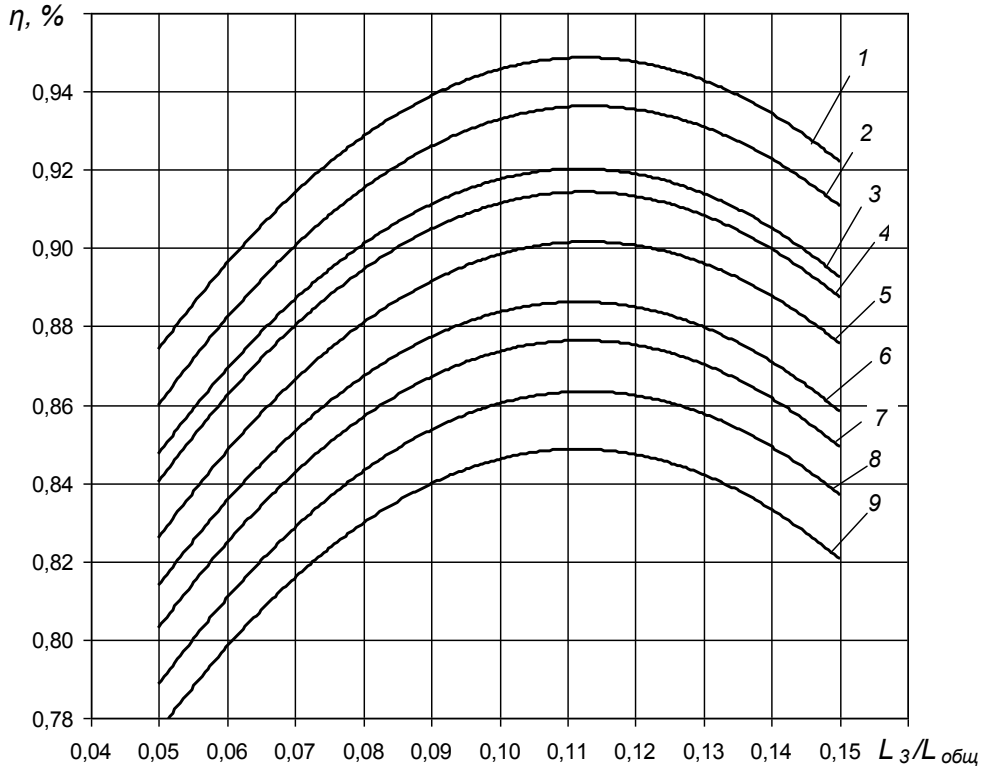

Рис. 2. Зависимость эффективности очистки экспериментальной установки от соотношения рециркуляционного расхода, подаваемого на первичный ввод пылеуловителя ВЗП к общему, подаваемому на очистку η ($L_2/L_{общ}$).
1 – $L_{общ}$ = 1000 м^3/час, $L_2/L_{общ}$ = 0,3; 2 – $L_{общ}$ = 1000 м^3/ч, $L_2/L_{общ}$ = 0,4; 3 – $L_{общ}$= 1000 м^3/ч, $L_2/L_{общ}$= 0,2; 4 – $L_{общ}$ = 900 м^3/ч, $L_2/L_{общ}$ = 0,3; 5 – $L_{общ}$= 900 м^3/ч, $L_2/L_{общ}$ = 0,4; 6 – $L_{общ}$ = 900 м^3/ч, $L_2/L_{общ}$ = 0,2; 7 – $L_{общ}$ = 800 м^3/ч, $L_2/L_{общ}$ = 0,3; 8 – $L_{общ}$ = 800 м^3/ч, $L_2/L_{общ}$ = 0,4; 9 – $L_{общ}$ = 800 м^3/ч, $L_2/L_{общ}$ = 0,2.

На рис. 3 приведены зависимости коэффициента местного сопротивления установки от соотношения рециркуляционного расхода, подаваемого соответственно на вторичный и первичный вводы пылеуловителя ВЗП к общему, подаваемому на очистку.

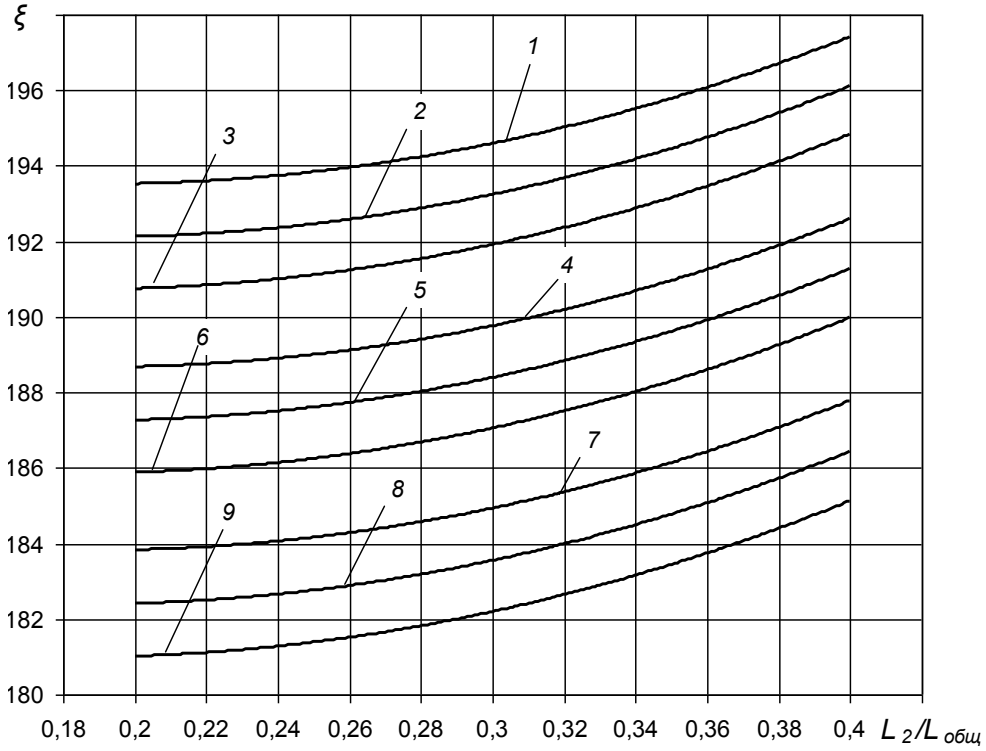

Рис. 3. Зависимость коэффициента местного сопротивления установки экспериментальной установки от соотношения рециркуляционного расхода, подаваемого на вторичный ввод пылеуловителя ВЗП к общему, подаваемому на очистку ζ ($L_2/L_{общ}$).
1 – $L_{общ}$= 1000 м^3/ч, $L_2/L_{общ}$ = 0,15; 2 – $L_{общ}$ = 1000 м^3/ч, L_2/Lобщ = 0,10; 3 – $L_{общ}$= 1000 м^3/ч, $L_2/L_{общ}$ = 0,05; 4 – $L_{общ}$ = 900 м^3/ч, $L_2/L_{общ}$= 0,15; 5 – $L_{общ}$= 900 м^3/ч, $L_2/L_{общ}$= 0,10; 6 – $L_{общ}$= 900 м^3/ч, $L_2/L_{общ}$= 0,05; 7 – $L_{общ}$ = 800 м^3/ч, $L_2/L_{общ}$ = 0,15; 8 – $L_{общ}$ = 800 м^3/ч, L_2/Lобщ = 0,10; 9 – $L_{общ}$ = 800 м^3/ч, $L_3/L_{общ}$ = 0,05.

В ходе статистической обработки экспериментальных данных получены следующие эмпирические уравнения, характеризующие зависимость параметров оптимизации от определяющих факторов:

$$\eta = 0{,}0139 - 2{,}042\left(\frac{L_2}{L_{общ}}\right)^2 - 19{,}001\left(\frac{L_3}{L_{общ}}\right)^2 - 0{,}0007\,L_{общ} + \\ + 1{,}27\,\frac{L_2}{L_{общ}} + 4{,}1935\,\frac{L_3}{L_{общ}} + 0{,}0003 \cdot L_{общ} \cdot \frac{L_2}{L_{общ}} \cdot \frac{L_3}{L_{общ}} \qquad (1)$$

$$\xi = 143{,}474 + 87{,}75\left(\frac{L_2}{L_{общ}}\right)^2 + 5{,}826\left(\frac{L_3}{L_{общ}}\right)^2 + 0{,}0488\,L_{общ} - \\ - 31{,}696\,\frac{L_2}{L_{общ}} + 28{,}614\,\frac{L_3}{L_{общ}} - 0{,}01 \cdot L_{общ} \cdot \frac{L_2}{L_{общ}} \cdot \frac{L_3}{L_{общ}} \qquad (2)$$

$$C = 0{,}0004\,L_{общ}^2 - 0{,}8607\,L_{общ} + 518{,}5 \qquad (3)$$

Дисперсия аппроксимации экспериментальных данных полиномами второй степени составляет R^2 = 0,931... 0,983.

Совместный анализ данных по аэродинамическому сопротивлению и эффективности пылеулавливания экспериментальной установки позволяет сделать вывод о том, что оптимальный режим работы достигается при сочетании значений величины доли расхода, подаваемой на нижний ввод аппарата ВЗП после прохождения рециркуляции $L_2/L_{общ}$ = 0,30…0,34, и значении величины доли расхода запыленного потока, поступающей от пылеконцентратора на первичный ввод $L_3/L_{общ}$ = 0,10…0,12.

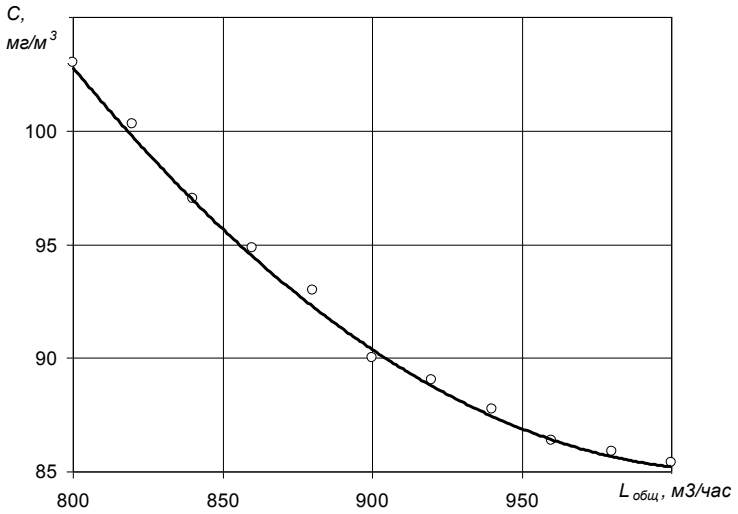

Рис. 4. Зависимость концентрации пылевых частиц, витающих в воздухе, отобранном в непосредственной близости от проема в укрытии бункера, от значения величины расхода пылевоздушной смеси, отводимого мобильной аспирационной установкой $C(L_{общ})$.

На рис. 4 представлена зависимость концентрации пылевых частиц, витающих в воздухе, отобранном в непосредственной близости от проема в укрытии бункера, при засыпке его строительными отходами от значения величины расхода пылевоздушной смеси,

отводимого мобильной аспирационной установкой. Представленные данные наглядно демонстрируют снижение запыленности атмосферного воздуха, достигаемое посредством разработанного технического решения.

Наиболее существенный эффект по снижению запыленности достигается в диапазоне значений расхода пылевоздушной смеси, отводимого от бункера $L_{общ}$ = 800…920м^3/ч. При этом происходит снижение запыленности с C = 103,2 мг/м^3 до $C = 86,9$ мг/м^3.

Диапазон изменения интегрального параметра закрутки потока, необходимого для обеспечения предотвращения образования пылевых отложений в гофрированном воздуховоде, изменяется от Φ^* = 0,621 при относительной длине воздуховода 10 диаметров и расходе воздуха $L_{общ}$ = 1000 м^3/ч до Φ^* = 1,33 при относительной длине воздуховода 20 диаметров и $L_{общ}$ = 800 м^3/ч. Изменение исследуемого параметра в данном диапазоне позволяет избегать образования пылевых отложений на внутренних поверхностях гофрированного воздуховода, при работе аспирационной установки.

Выводы

1. Применение мобильных аспирационных установок с инерционными пылеуловителями при работах по демонтажу поврежденных и разрушенных зданий является эффективным решением по локализации образующихся пылевых выбросов.
2. При проектировании аспирационных установок наиболее предпочтительной является одноступенчатая компоновка, т.к. она характеризуется меньшими массово-габаритными параметрами и энергопотреблением, что является важнейшим фактором при обеспечении мобильности.
3. Для обеспечения возможности присоединения мобильной аспирационной установки к источнику загрязнения предлагается использование гибкого гофрированного воздуховода, с организацией закрутки потока в целях предотвращения забивания.
4. В ходе экспериментальных исследований получены эмпирические зависимости, характеризующие эффективность очистки и аэродинамическое сопротивление системы аспирации с предложенной компоновкой.
5. Мобильные аспирационные установки, разработанные на базе предлагаемой компоновочной схемы, являются эффективным решением проблемы локализации и очистки пылевых загрязнений, выделяющихся в атмосферный воздух при производстве работ по демонтажу поврежденных и разрушенных зданий.

Список литературы

1. Азаров В.Н. Системы пылеулавливания с инерционными аппаратами в производстве

строительных материалов [Текст] / В. Н. Азаров, Н. М. Сергина // Строительные материалы. – 2003. – № 8. – С.14-15.

2. Ватин Н.И., Стрелец К.И. Очистка воздуха при помощи аппаратов типа циклон: учебно-методическое пособие. – СПб.: СПбГПУ, 2003. – 65 с.

3. Ганчуков, В.И. Вихревые аппараты со встречными закрученными потоками [Текст] / В.И. Ганчуков, А.В. Екимова. – Черповец: ЧерГУ, 1998. – 33 с.

4. Защита атмосферного воздуха от запыленности при проведении демонтажа зданий и сооружений [Текст] / П.А. Сидякин, И.З. Магомадов, Р.Р. Палатов, Г.И. Стате // Технологии гражданской безопасности. – Москва, 2014. – № 2 (40). – С. 88-91.

5. Исследованиепооптимизациихарактеристикверхнеговводапылеуловителейсовстречным изакрученнымипотоками / П.А. Сидякин, Д.П. Боровков, И.В. Бурба, С.И. Экба // Научный журнал «Фундаментальные исследования». – 2013. – № 11 (часть 5). – Пенза: Издат. Дом «Академия Естествознания». – С. 866-870.

6. Об использовании закрутки потока в аспирационных системах на предприятиях строительной индустрии / В.Н.Азаров, Д.П. Боровков // Вестник отделения строительных наук. РААСН. – 2012. – Вып. 16. – Т. 2. – С. 12-17.

7. Применение закрутки потока в системах аспирации на предприятиях строительной индустрии / В.Н. Азаров, Д.П. Боровков // Строительные материалы. – 2012. – № 5. – С. 1-4.

Рецензенты:

Першин И.М., д.т.н., профессор, заместитель директора филиала Северо-Кавказского федерального университета в г. Пятигорске по научной работе, заведующий кафедрой управления в технических и биомедицинских системах, г. Пятигорск;

Малков А.В., д.т.н., профессор, директор ООО «Нарзан-гидгоресурсы», г. Кисловодск.