

УДК 621.928.9.666.940

ОПЫТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЦИКЛОННЫХ ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЕЙ

Стоянов Н.И.

Напряженная экологическая обстановка на Украине, вызванная чрезмерной концентрацией производств, использованием устаревшей технологии, недостаточной оснащенностью эффективной пылегазоочистной техники и усугубленная Чернобыльской катастрофой, требует принятия срочных мер по ее улучшению.

Осуществить это возможно при использовании передовой безотходной и малоотходной технологии и внедрения технологии высокоэффективной пылеулавливающей техники.

Учитывая, бедственное состояние нынешней экономики более предпочтительным является дешевое последнее положение.

Принимая во внимание, что многие технологические процессы строительной индустрии многотоннажны и связаны с переработкой сыпучих материалов: производство цемента, керамзита, асфальта, асбеста, стекла и

перемещение сыпучих сред пневматическим транспортом включая транспортировку древесной и металлической стружки образуют выбросы пыли и существенно загрязняют атмосферный воздух, водоемы и деградируют почву, приводят к легочным заболеваниям, угнетению флоры и фауны, т.е. негативно воздействуют на жизнеспособность биоты в целом.

Улавливание пыли из отходящих газов технологических и вентиляционных систем осуществляется циклонными пылеуловителями – «рабочими лошадками техники обеспыливания», которые наиболее просты по конструкции, компактны, дешевы и широко применяются во всех технологических системах.

Сегодня в мире разработано более 250 конструкций циклонов, отличающихся друг от друга: формой корпуса, входного патрубка, его наклоном и способом подвода; соотношением размеров цилиндрической, конической частей и выхлопной трубы, сходящимся и расходящимся конусами и поэтому чрезвычайно сложно выбрать высокоэффективную его конструкцию для соответствующих условий.

Наибольшее распространение из них нашли циклоны НИИОГаз типа ЦН, СК-ЦН и ВЦНИИОТ [1], которые широко используются во всех технологических процессах, связанных с пылевыми выбросами, но действующие циклоны эффективно улавливают пылевые частицы размером более 20 микронов, что явно недостаточно для снижения загрязнения воздушного бассейна и требует их усовершенствования.

Известно, что общая эффективность пылеулавливания циклонов зависит от дисперсного состава пылей и диаметра циклона, причем с увеличением диаметра циклона до 3-х м существенно падает эффективность улавливания – наиболее рациональным считается диаметр $D = 0,8 - 1,0$ м, т.к. с уменьшением его хоть и растет эффективность пылеулавливания при оптимальных скоростях, но по квадратичному закону возрастает гидравлическое сопротивление и кубично затраты мощности вентилятора, используемого для его продавливания.

Усовершенствование циклонов путем изменения формы и соотношений размеров конструктивных элементов корпуса аппарата и входного патрубка, а также попытки использования явления электризации, генерируемого электрического заряда при взаимодействии пылевых частиц между собой и стенками корпуса циклона практически себя исчерпало [2].

Повышение эффективности пылеулавливания циклонов осуществлялось нами на основе применения прогрессивной мировой тенденции – использования крутки потоков.

Для этого были проведены многоплановые экспериментальные исследования по аэродинамике и пылеулавливанию циклонов с применением большой гаммы неподвижных и вращающихся устройств /сеток различных диаметров и сечения отверстий, крестовины и крыльчаток с различным

числом лопастей и их угла наклона/, размещенных на входе, в корпусе циклона и под выхлопной трубой [3].

Экспериментальными исследованиями установлено, что перечисленные неподвижные дополнительные устройства, включая сетку, обтянутую капроновой тканью, повышают аэродинамическое сопротивление аппарата, но не дают практического повышения эффективности пылеулавливания; вращение же указанных устройств в противоположном направлении крутки входного потока ее снижает, а в одноименном направлении совпадающем с вращением входного потока способствует повышению эффективности пылеулавливания.

Очень важной характеристикой работы циклона является выбор оптимальной скорости входа пылевоздушного потока в циклон, либо фиктивная скорость потока в его цилиндрической части.

Проведенные нами экспериментальные исследования зависимости эффективности пылеулавливания от входной скорости пылевоздушного потока в циклон при работе на стандартной пыли $b_{50} = 12$ мкм/ и запыленности его $Z = 3,0$ г/ м³, показали подъем эффективности пылеулавливания при росте $V_{вх}$ с 12 до 26 м/с и наличие явного оптимума при $V_{вх} = 22$ м/с равного 96%, что соответствует $V_{ф} = 3,5$ м/с. Эта величина также подтверждена нами статистической обработкой результатов 55 работ экспериментаторов ведущих стран мира: Германии, СССР, США, Японии и др., которая составила 20 м/с.

Первое промышленное усовершенствование циклонов было проведено на технологической установке производства пигмента тетраоксихромата на Одесском лакокрасочном заводе, где непрерывно происходил обрыв и расшивка рукавов 2-ой ступени очистки, несмотря на все принимаемые меры производственниками. Было установлено, что это происходит в результате перегрузки рукавного фильтра при многократном увеличении производительности установки. Принимая во внимание отсутствие средств на приобретение дополнительных фильтров, нами было предложено установить на подводе циклона ЦН-15 диаметром 1,2 м винтового закручивателя с круткой запыленного потока в циклоне от выхлопной трубы к стенке корпуса, что способствовало повышению их степени сепарации и увеличению коэффициента улавливания пыли циклоном, снизив этим самым пылевую нагрузку на рукавный фильтр 2-ой ступени очистки и обеспечив удовлетворительную работу последнего и узла очистки в целом.

Дальнейшие экспериментальные исследования циклонов позволили разработать наиболее эффективную базовую конструкцию усовершенствованного циклонного пылеуловителя с вращающейся трехъярусной крыльчаткой, установленной под выхлопной трубой [4], которая показала увеличение эффективности пылеулавливания с 70 до 90%, что позволило рекомендовать ее к широкому внедрению в промышленность.

Так в действующий циклон ЦН-15 диаметром 600 мм отделения термопластика цеха порошковых красок была вмонтирована вращающаяся трехъярусная крыльчатка с уменьшающимися сверху вниз диаметром лопастей и их углом наклона 30° к горизонту. Диаметр верхнего яруса крыльчаток был равен внутреннему диаметру выхлопной трубы, а боковой профиль их концов эквидистантен конусу корпуса циклона. Крыльчатка крепилась на валу, проходящем внутри выхлопной трубы и вращалась от двигателя $N = 0,8$ кВт, установленного сверху циклона с частотой $n=15\text{с}^{-1}$ в направлении вращения входного потока, что позволило отжать мелкие пылевые частицы от устья выхлопной трубы и за счет дополнительного вентиляторного эффекта вращающейся крыльчатки получить увеличение коэффициента улавливания пыли циклоном с 76 до 89,1% [5], т.е. дополнительно уловить и вернуть в производство более 3,0 т/год термопластика ПЛ-5142, и тем самым снизить содержание пыли на выхлопе в атмосферу с 77 до 54 мг/м³, получить 330 грн/год экономии за счет возврата уловленного термопластика в производство и уменьшить загрязнение атмосферного воздуха до предельно допустимых выбросов /ПДВ/.

Усовершенствование промышленных циклонов было продолжено на 2-х спаренных циклонах ЦН-15 диаметром 800 мм каждый действующих на агрегате шаровой мельницы помольного отделения клинкера Одесского цементного завода путем установки вращающихся трехъярусных крыльчаток с частотой вращения $n=9,9\text{с}^{-1}$. [6]

Использование которых позволило увеличить коэффициент пылеулавливания циклонов с 70 до 92% /подтверждено НИПИОТСТРОМОМ СССР/, снизить этим самым в 2-а раза пылевую нагрузку на рукавные фильтры второй ступени очистки, повысив в 1,5 раза их срок службы, уменьшить безвозвратные выбросы цементного клинкера на 106,2 т/год и получить экономический эффект равный 1710 грн/год. Расчетный ожидаемый экономический эффект от внедрения усовершенствованных циклонов на всех цементных предприятиях Украины, работающих по сухому способу производства, составил более 0,5 млрд грн. в год.

Усовершенствованные циклоны с вращающейся трехъярусной крыльчаткой по а.с. № 718133 [4] также внедрены на 2-х установках Егоринского отделения Свердловской железной дороги /по данным стат отчетности, подтвержденным централизованным управлением России по оплате за использование указанного авторского свидетельства/.

Для усовершенствования циклонов ЦН-15 диаметром 400 мм с помощью модернизации их вращающейся трехъярусной крыльчаткой по а.с. № 718133 [4] СПКИ был разработан проект внедрения их в отделении пылеглины литейного завода ХТЗ путем установки в действующую группу из 4-х циклонов ЦН-15 диаметром 400 мм каждый. Однако данных о его реализации в практику пока не имеется.

Работы с закручиванием потоков в пылетехнике были продолжены в диссертационных разработках моих аспирантов.

Совместно с доцентом Зайцевым О.Н. были разработаны, апробированы и внедрены в производство сварочные горелки с отсосом инертных газов с закручивателем для улавливания высокотемпературного сварочного аэрозоля /Патент РФ № 2009813 [7], которые показали высокую эффективность локализации вредностей до 93% и улучшить этим самым условия работы сварщиков.

Успешно прошли промышленные испытания разработанный нами новый аппарат для улавливания сварочного аэрозоля с помощью встречных закрученных потоков /А.с. СССР № 1819660/ показавший высокую эффективность улавливания сварочного аэрозоля, равную 98%. [8]

Эта работа была продолжена совместно с к.т.н. Афтаноком В.В. по разработке и промышленным испытаниям комбинированного аппарата для улавливания пыли асфальтобетонных производств с наклонными встречными потоками в шаровом корпусе, совмещающим инерционный, центробежный и фильтрующий методы сепарации пыли /Патент Украины 86 [9] и показавший эффективность пылеулавливания равную 99%.

Все рассмотренные разработки защищены патентами, внедрены в производство и направлены на совершенствование пылеулавливающих аппаратов, повышающих эффективность очистки выбросных газов, снижающих загрязнения воздушного бассейна и окружающей среды в целом, возврату уловленных продуктов в производство и способствуют получению технического, экономического, экологического эффектов и социального эффектов и улучшению экологической обстановки на Украине.

Л и т е р а т у р а

1. Циклоны НИИОГАЗ. Руководящие указания по проектированию, изготовлению, монтажу и эксплуатации. – Ярославль: Всесоюзное объединение по очистке газов и пылеулавлианию. 1970. – 95 с.
2. Стоянов Н.И., Куценко А.Н. Исследование электризации в циклонных пылеуловителях Сб. научн. Трудов ОГАСА.- Одесса: Город мастеров, 1998.с.121 – 124.
3. Н.И.Стоянов. Исследование циклонов с неподвижными и вращающимися устройствами /Диссертация на соискание ученой степени к.т.н. – Одесса, ОПИ, 1982.- 249 с.
4. А.с. СССР 3 718133 Циклонный пылеуловитель М.Кл. 2В01Д 45/14 /Стоянов Н.И. и др., ОПИ, опублик. БИ № 8, 1980.
5. Стоянов Н.И., Швец С.А. Усовершенствованный циклонный пылеуловитель. Инфор. Листок о научно-техн. Достижении № 81-62 Серия 1809.11. – Одесса, ОЦНТИ, 1981. – 4 с.
6. Стоянов Н.И., Большаков А.Г. Совершенствование циклонных пылеуловителей / Журнал Цемент – Ленинград: Мин. Строит. Материалов №2, 1973. с. 22.

7. Патент РФ № 2009813 Горелка для дуговой сварки в защитных газах с отсосом
М.Кл. /Стойнов Н.И., Зайцев О.Н., ОИСИ, Опубл. БИ № 12, 1994. В23К 9/13. –3 с
8. А.С. СССР № 1819660 Устройство для очистки газа М.Кл. В01Д 46/30 / Стоянов
Н.И., Зайцев О.Н. ОИСИ Опубл. БИ № 21, 7993. 3 с.
9. Патент Украины № 89 Пристрій для очищення газу М.Кл. В01Д 46/30/ Стоянов
Н.И., Афтанюк В.В. ОДАБА. Опубл. У Б. № 6, 1997, 4 с.