

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО

• • • • • : **НЕДЕЛЯ**
• • • • • : **НАУКИ СПБПУ**
• • • • **П** 19–24 ноября 2018 года

МАТЕРИАЛЫ
научной конференции
с международным участием

**ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИКИ
И ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ**

Часть 1



ПОЛИТЕХ-ПРЕСС
Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого

Санкт-Петербург
2018

УДК 621:629
ББК 65.305.42
Н42

Неделя науки СПбПУ : материалы научной конференции с международным участием, 19–24 ноября 2018 г. **Институт энергетики и транспортных систем**. Ч. 1. – СПб. : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2018. – 277 с.

В сборник включены статьи студентов, аспирантов, молодых ученых и сотрудников СПбПУ, университетов, научных организаций и предприятий Санкт-Петербурга, России, зарубежных стран по материалам докладов, принятых на секционные заседания конференции «Неделя науки СПбПУ» Института энергетики и транспортных систем. Статьи отражают современный уровень научно-исследовательской работы участников конференции в области энергетики и энергетического машиностроения.

Представляют интерес для специалистов в различных областях знаний, учащихся и работников системы высшего образования и Российской академии наук.

Редакционная коллегия

Института энергетики и транспортных систем СПбПУ:

Н. А. Забелин (директор института), *А. А. Тринченко* (зам. директора по НИР, отв. ред.), *В. О. Белько* (зам. директора по НИРС), *Т. Г. Миневич*, *Ю. Э. Адамьян*, *С. О. Попов*, *Г. А. Першиков*, *В. В. Суханов*, *Д. В. Иванов*, *А. Ю. Шабанов*, *А. Г. Семенов*, *А. А. Лебедев*, *А. С. Ласкин*,
А. А. Калютник

Печатается по решению

Совета по издательской деятельности Ученого совета
Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого.

ISBN 978-5-7422-6362-3 (ч. 1)
ISBN 978-5-7422-6361-6

© Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого, 2018

Следует учитывать, что необходима расстановка значений постулируемых событий и внимание к логическим условиям, введенным для симметризации модели, в частности, к условиям, показывающим, оборудование находится в работе или в резерве. Кроме этого, возможности программы не позволяют присваивать значения «отказов» и «неотказов» логическим операторам, содержащим взаимоисключающие события. В таких случаях используется ручное назначение значения верхнему оператору.

Методика позволяет оперативно выполнять оценки качественного влияния систем и элементов друг на друга.

Результаты работы используются при совершенствовании проектной эксплуатационной документации АЭС.

Выводы.

1. Рассмотрены случаи взаимного влияния уровней глубокоэшелонированной защиты друг на друга.

2. Для оценки влияния различных уровней многоступенчатой защиты предложена интегральная модель вероятностного анализа безопасности, выполненная в программе «Risk Spectrum PSA».

3. Проведен качественный анализ влияния отказов систем нижнего уровня на выполнение функций безопасности систем верхнего уровня. Исследованы причины отклонений, предложены пути их устранения.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Самохин Г.И., Любарский А.В., Носков Д.Е. Вероятностный анализ безопасности АС уровня 1. Труды НТЦ ЯРБ. – М.: НТЦ ЯРБ. 2010. – 166 с.
2. Положение об основных рекомендациях к разработке ВАБ уровня 1 для внутренних инициирующих событий для всех режимов работы энергоблока атомной станции (РБ-024-11), 2011.
3. Анализ несоответствий блока атомной станции требованиям действующих нормативных документов (РБ-028-04). Федеральная служба по атомному надзору, 2004.

УДК 66.074.2

В.Э. Зинуров¹, Ю.О. Семенова¹, О.С. Дмитриева²

¹Казанский государственный энергетический университет

²Казанский национальный исследовательский технологический университет

РАЗРАБОТКА АППАРАТА ДЛЯ ОЧИСТКИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ ОТ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ

В связи с увеличением использования низкокачественных углей, добываемых наиболее дешевым открытым способом, для выработки электроэнергии на тепловых электрических станциях ТЭС возникают проблемы, связанные с чистотой воздушного бассейна в районе ТЭС. В настоящее время для очистки от золы дымовых газов котельных агрегатов ТЭС применяются несколько типов золоулавливающих аппаратов: сухие инерционные золоуловители, мокрые золоуловители, электрофильтры, рукавные фильтры и мультициклоны [1]. Самую высокую эффективность сепарации имеют рукавные фильтры и электрофильтры с увлажнением газового потока. Однако применение рукавных фильтров сопряжено с повышенными эксплуатационными затратами, а увлажнение потока газов вызывает коррозию дымовых труб и самих электрофильтров. Мультициклоны имеют самую низкую эффективность по удалению частиц малого размера преимущественно до 10 мкм, но являются наиболее простыми по принципу действия и надежными устройствами [2]. Таким образом, одной из актуальных проблем является разработка новых аппаратов для очистки дымовых газов от

частиц размером менее 10 мкм при соблюдении следующих параметров: простота в использовании, низкое гидравлическое сопротивление, работоспособность в широком диапазоне температур и давлений, отсутствие движущихся механизмов.

Целью данной работы является разработка аппарата для улавливания частиц из дымовых газов с удовлетворением параметров, приведенных выше.

Авторами данной статьи был разработан прямоугольный сепаратор (рис. 1). Основными элементами прямоугольного сепаратора являются несколько рядов двутавровых элементов, которые для обеспечения надежности крепятся своими концами к верхней и нижней стенкам корпуса сепаратора [3]. Чтобы практически исключить прогибы двутавровых элементов при воздействии газового потока на них имеется поперечная пластина, расположенная немного выше середины двутавровых балок. Проделанные отверстия служат для установки аппарата на рабочем месте.

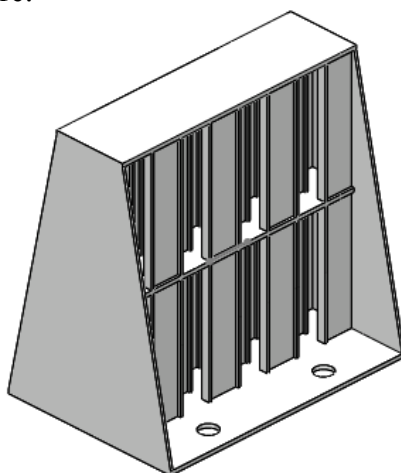


Рис. 1. Конструкция прямоугольного сепаратора

Разработка данного сепаратора производилась с помощью компьютерного моделирования. Численное моделирование производилось в программном комплексе ANSYS Fluent. Проведенные исследования показали, что эффективность очистки сепаратором газового потока от частиц размером более 10 мкм варьируется в пределах 99 – 99,9 % с гидравлическим сопротивлением до 700 Па при скоростях газового потока 1 - 5 м/с. Для частиц размером менее 10 мкм эффективность в среднем равна 61,7 % [4].

Данный аппарат предлагается использовать в качестве второй ступени очистки дымовых газов на ТЭС после инерционных пылеуловителей. Принцип действия сепаратора можно описать следующим образом: очищенный поток дымовых газов первой ступенью через линию подачи, соединяющую выходной патрубок инерционного пылеуловителя и входной патрубок сепаратора, подается в разработанный аппарат, где дымовые газы проходят через несколько рядов двутавровых элементов, контактируя с ними при непосредственном контакте и огибая их, вследствие двух данных процессов мелкодисперсные частицы дымовых газов выбиваются из структурированного потока и падают на дно устройства, где удаляются через проделанные отверстия. Часть пойманных частиц остается на стенках двутавровых элементов. В связи с этим сепаратор через определенные промежутки времени нужно промывать. Далее очищенные дымовые газы выходят из сепаратора через выходной патрубок.

Следует отметить, что особое влияние на эффективность очистки дымовых газов оказывает центробежная сила, возникающая при огибании дымовыми газами двутавровые элементы. В связи с этим, ряды двутавровых элементов расположены относительно друг друга таким образом, чтобы достигалось максимальное значение центробежной силы. Иными словами, должно выполняться следующее условие: окружность, проведенная из центра двутаврового элемента должна проходить через крайние точки выступов двутавровых элементов соседних рядов [5].

Для проверки работоспособности разработанного сепаратора, модель, представленная на рисунке 1, была распечатана на 3D принтере и использована в очистительном цикле. В связи с тем, что распечатать опытный образец больших размеров и установить на ТЭС для проведения экспериментов представляется сложно реализуемым мероприятием, была распечатана сравнительно небольшая конструкция длиной и высотой 100 на 100 мм, которая была установлена на 4 месяца на Набережночелнинском предприятии «КАМАТЕК», занимающимся производством технологических деталей из композиционных материалов. Стоит отметить, что сепаратор использовался в качестве второй очистительной ступени, после основного фильтра, для улавливания мелкодисперсных частиц.



Рис. 2. Прямоугольный сепаратор после проведения эксперимента в очистительном цикле (изображение слева – входной патрубок, изображение справа – выходной патрубок)

После 4 месяцев работы сепаратора на предприятии его масса увеличилась приблизительно на 400 г (рис. 2). Визуальный осмотр позволил установить, что использование данного аппарата после основного фильтра является актуальным мероприятием. Следует отметить, что сепаратор был распечатан без отверстий для удаления уловленных частиц дымовых газов, так как их удалению в данном очистительном цикле не представлялось возможным. В ходе использования сепаратора произошла поломка одного двутаврового элемента из-за малой толщины стенок и их печати на 3D принтере из бюджетного пластика.

Таким образом, представленная работа подтверждает, что разработанный сепаратор способен эффективно очищать газовые потоки от мелкодисперсных частиц. Достоинства конструкции сепаратора: высокая степень улавливания мелкодисперсных частиц, простота использования, дешевизна изготовления.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ № МК-4522.2018.8.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Алиев Г.М – А. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов. Справочное издание. М.: Металлургия, 1986. 544 с.
2. Буренин В. В., Иванина Е. С. Очистка отходящих дымовых газов тепловых электростанций, работающих на угле //Безопасность жизнедеятельности. – 2015. – №. 7. – С. 28-36.
3. Дмитриев А.В., Зинуров В.Э., Дмитриева О.С., Нгуен Ву Л. Улавливание частиц из дымовых газов прямоугольными сепараторами //Вестник Казанского технологического университета, 2017, Т. 20, №. 15.
4. Дмитриев А.В., Зинуров В.Э., Дмитриева О.С., Нгуен Ву Л. Улавливание мелкодисперсных твердых частиц из газовых потоков в прямоугольных сепараторах //Вестник Иркутского государственного технического университета, 2018, Т. 22, №. 3(134).
5. Дмитриев, А. В., Зинуров, В. Э., Дмитриева, О. С., Нгуен, В. Л.. Эффективность прямоугольного сепаратора в зависимости от оформления элементов внутри аппарата //Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2018. – №. 1 (37).