

2. Соколов, Ю.И. Вопросы безопасности транспортировки опасных грузов / Ю.И. Соколов // Проблемы анализа риска, том 6. – 2009. – № 1. – С. 38–74.

3. О перевозке опасных грузов : Закон Респ. Беларусь от 6 июня 2001 г. № 32-З : в ред. от 12.07.2013 г. № 62-З : с изм. и доп. от 2 мая 2012 г. № 353-З. – Минск : Амалфея, 2013. – 36 с.

4. Дефекты соединений при сварке металлов плавлением. Классификация, обозначение и определения: ГОСТ 30242-1997; введ. 01.01.03. – М. : Государственный комитет Российской Федерации по стандартизации и метрологии, 2001. – 9 с. – (Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации).

5. Контроль неразрушающий. Квалификация и сертификация персонала в области неразрушающего контроля : СТБ ISO 9712-2016. – Введ. 29.12.16 (с отменой на территории СТБ EN 473-2011). – Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2011. – 27 с.

## **СПОСОБЫ ПОДАВЛЕНИЯ ПЫЛЕОБРАЗОВАНИЯ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ**

*Ляхович В.А., Булавка Ю.А.*

УО «Полоцкий государственный университет»

Нефтяной кокс является остаточным продуктом нефтепереработки (в результате совершенствования технологий согласно международным требованиям к качеству), высокосернистый кокс используется в качестве топлива в цементных печах и на электростанциях, а продукт высокого качества в металлургической промышленности (для получения анодной массы в производстве алюминия из алюминиевых руд, для изготовления графитированных электродов, используемых в сталеплавильных дуговых печах, сульфидизаторов в цветной металлургии), в химическом производстве в качестве восстановителя, как конструкционный материал для изготовления коррозионно-устойчивой химической аппаратуры и др. Рост населения и развитие экономики способствует увеличению спроса на сырой нефтяной кокс, особенно в развивающихся странах, таких как Индия и Китай, что обусловлено качественными характеристиками продукта. На мировом рынке отмечается тенденция по увеличению производства нефтяного кокса. До 2020 г. прогнозируется ежегодный рост рынка нефтяного кокса на 3 %, следовательно, производство данного продукта белорусскими НПЗ, а именно ОАО «Нафтан», соответствует текущей международной тенденции [1].

Углезагрузочные вагоны являются основными машинами для обслуживания коксовых печей. Они работают в комплексе с другими коксовыми машинами – коксовыталкивателями, двересъемными машинами и тушилными вагонами. Угольная и абразивная коксовая пыль вызывают коррозию металла вагонов и обслуживающих машин [2, 3].

Важным фактором условий труда рабочих на погрузочно-разгрузочных площадках является опасность загрязнителей воздушной среды. До настоящего момента основным неблагоприятным профессиональным фактором является пыль. Пыль является причиной заболевания пневмокониозом, хроническим пылевым бронхитом [4]. Пыль нефтяного кокса тлеет, самовозгорается и самовоспламеняется.

Коксохимические заводы занимают ведущее место по выбросам вредных веществ среди предприятий черной металлургии. К ним относят пыль, оксиды азота, диоксид серы, оксид углерода, аммиак, фенол, бензол, нафталин, сероводород, цианистый водород и графит. Важнейшей социальной задачей является повышение экологической безопасности производства, техническое переоснащение коксохимических предприятий, осуществление крупномасштабной программы строительства природоохранных объектов, внедрение современных экологически безопасных технологических процессов.

Борьба с выбросами при выталкивании кокса из печных камер - одна из наиболее сложных задач. Над раскаленным коксом, попадающим в тушительный или коксовозный вагоны, возникает интенсивное восходящее течение нагретого воздуха, которое вовлекает в движение значительные массы окружающего атмосферного воздуха. Этот подсосываемый (эжектируемый) из атмосферы поток подхватывает образующиеся при разрушении коксового пирога частицы пыли и увлекает их вверх. В результате возникает пылевое облако значительных размеров, в котором кроме пыли могут содержаться и газообразные вредные вещества, выделяющиеся из кокса; объем этих газов сравнительно невелик и не превышает нескольких десятков кубометров.

Радикальным мероприятием по снижению выбросов при складировании углей и кокса является сооружение закрытого склада с эффективными системами аспирации и пылеулавливания. Запыленность воздуха рабочей зоны может быть уменьшена путем следующих мероприятий: герметизации пылящего оборудования; сооружения аспирационных систем, предназначенных для удаления запыленного воздуха; систем с эффективным пылеулавливающим оборудованием; устройством приточной вентиляции; блокировкой технологического оборудования с аспирационными системами; регулярной уборкой помещений и оборудования от осевшей пыли; систематическим контролем за состоянием воздуха производственных помещений.

Одним из факторов, влияющих на запыленность воздуха производственных помещений, является уборка осевшей пыли с поверхностей полов, стен и оборудования. На коксохимических предприятиях наибольшее распространение получила мокрая уборка, что обусловлено взрывоопасными свойствами угольной пыли. Однако опыт сухого пылеулавливания на ряде предприятий показывает, что возможно проведение и сухой уборки. В этом случае целесообразно использовать централизованные пылесосные установки с водокольцевыми вакуум-насосами. Это позволит избавиться от водношламового хозяйства, упростить эксплуатацию системы, но потребует устройства разветвленной сети коммуникаций, очистки воздуха перед выбросом в атмосферу и решения вопросов утилизации уловленной сухой пыли.

До настоящего времени основным способом улавливания угольной пыли остается мокрый. В связи с этим на предприятиях наиболее распространены центробежные скрубберы, скоростные промыватели, циклоны с водяной пленкой; в ряде случаев применяются оригинальные конструкции, разработанные предприятиями. В последнее время появились ротоклоны. Сухие коллекторы, используемые в качестве первой ступени очистки, в большинстве случаев оборудуют устройствами для подачи и распыления воды. Эффективность улавливания угольной пыли в мокрых аппаратах весьма различна, что связано, по-видимому, как с плотностью орошения и качеством распыления жидкости, так и с дисперсностью улавливаемых частиц [5].

Использование антипылевых химических агентов, вместо воды, может дать следующие преимущества:

- иметь остаточный эффект до 45 дней или более для целостности покрытия, в зависимости от погодных условий и типа используемого химического вещества;

- минимизировать необходимость повторного применения воды, разрешить дополнить высоту груды кокса, если необходимо, при хранении;

- могут быть уменьшены текущие требования к очистке коксовых конвейеров и потребность в техническом обслуживании на объектах по обработке кокса;

- препятствует смерзанию кокса при отрицательных температурах.

Поверхностно-активное вещество усиливает смачивание, снижая поверхностное натяжение воды, тем самым позволяя каплям воды проникать глубже в нефтяной кокс. Увлажнитель помогает замедлить испарение влаги [2].

Нами разработано пылеподавляющее средство из остаточных продуктов нефтепереработки, которое может использоваться при транспортировке углеродсодержащих материалов, в т.ч. нефтяного топливного кокса и характеризуется низкой температурой застывания; высокой температурой вспышки, хорошо смазывают металлическую поверхность, не вызывая при этом коррозии, не снижают теплотворную способность, может вырабатываться в количествах, необходимых для удовлетворения потребности [6].

Применение пылеподавляющих процедур поможет сократить выбросы в окружающую среду, что приведет к улучшению условий труда работников, сокращению износа обслуживающих аппаратов и транспорта.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бизнес план ОАО «Нафтан» на 2015 год. – Новополоцк: ОАО «Нафтан», 2014. –160 с.

2. Guidance Document for the Storage and Handling of Petroleum Coke – API guidance document PC1 – first edition, DECEMBER 2014.

3. Непомнящий, И. Л. Коксовые машины, их конструкция и расчет / И. Л. Непомнящий – М.: Металлургиздат, 1957. – 263 с.

4. Рогалис, В. С. Сочетание воздействия угольной пыли и радиации на здоровье шахтеров / В. С. Рогалис, М. В. Павленко, А. А. Шилов // Труды

международного научного симпозиума «Неделя Горняка – 2016». Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), М.: Издательство «Горная книга», 2019. – №1 (специальный выпуск 1) – 552 с.

5. Пыриков, А. Н. Защита окружающей среды на коксохимических предприятиях / А. Н. Пыриков, С. К. Васнин, Б. Н. Баранбаев. – М.: Интермет – инжиниринг, 2000. – 176 с.

6. Противосмерзающего средства из отходов нефтехимии для транспортировки топливного кокса /Ляхович В.А., Емельянова В.А., Булавка Ю.А.// Сборник докладов 72-й Международной молодежной научной конференции «Нефть и газ – 2018» (23-26 апреля 2018 г. Москва). – Том 2. – М.: Издательский центр РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2018. – 366 с.

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СУШКИ ТВЕРДЫХ ЗЕРНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ В НЕПОДВИЖНОМ СЛОЕ**

*М.В. Мурашов, магистрант<sup>1</sup>*  
*А.И. Вилькоцкий, к.т.н., доцент<sup>1</sup>*  
*А.А. Боровик, к.т.н., доцент<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Белорусский государственный технологический университет

<sup>2</sup>Белорусский государственный экономический университет

Расчет процессов сушки и сушильных аппаратов является важным этапом при проектировании сушилок и сушильных установок. При этом в большинстве случаев расчет проводят либо только по уравнениям теплоотдачи или теплопередачи, считая сушку тепловым процессом, либо только по уравнениям массоотдачи или массопередачи, рассматривая процесс сушки массообменным. Указанные подходы снижают точность получаемых результатов, уменьшают гибкость методики и нередко приводят к сложностям в определении конкретных параметров, например, кинетических параметров массоотдачи в твердом материале. Поэтому, учитывая, что конвективная сушка является одновременно и тепловым и массообменным процессами, актуальным становится совмещение этих двух подходов и разработка методик определения характеристик как массоотдачи, так и теплоотдачи в процессах сушки.

Опыты по определению коэффициента массоотдачи проводили в сушилке периодического действия, схема которой представлена на рис. 1. В ходе эксперимента в сушилке контролировались температура и относительная влажность сушильного агента на входе и на выходе из слоя, а также расход сушильного агента.