

УДК665.777.4:665.637:614.7

## СНИЖЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ КОКСОВОЙ ПЫЛИ НА РАБОТНИКОВ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЫЛЕПОДАВЛЯЮЩЕ-ПРОТИВОСМЕРЗАЮЩЕГО СРЕДСТВА

*канд. техн. наук, доц. Ю.А. БУЛАВКА, В.А. ЛЯХОВИЧ  
(Полоцкий государственный университет)*

*Представлены результаты исследования по получению на основе продуктов вторичных процессов нефтепереработки средства против смерзания и прилипания для пылеподавления и снижения потерь от выдувания влажных сыпучих углеродсодержащих материалов, в частности нефтяного кокса, при их транспортировке в условиях отрицательных температур. Использование разработанного пылеподавляюще-противосмерзающего средства позволит снизить пылевое воздействие на работников установки замедленного коксования при получении нефтяного топливного кокса и улучшить его морозоустойчивость, что положительно скажется на решении проблемы транспортировки в условиях отрицательных температур на ОАО «Белорусский цементный завод» нефтяного топливного кокса производства ОАО «Нафтан», а также позволит расширить ассортимент товарной продукции, увеличить эффективность производства и снизить затраты на закупку импортного противосмерзающего средства.*

**Ключевые слова:** *нефтепереработка, нефтяной кокс, пыль, пылевой фактор, пылеподавляюще-противосмерзающее средство.*

**Введение.** Стратегическим объектом с экономической точки зрения для Республики Беларусь является установка замедленного коксования (УЗК), которая позволит увеличить на ОАО «Нафтан» выход топливных фракций и наладить выпуск новой продукции – нефтяного кокса, первую партию которого планируется получить 31 августа 2020 года.

Сегодня процесс замедленного коксования – один из наиболее бурно развивающихся и перспективных процессов глубокой переработки нефтяного сырья. Введение установки замедленного коксования в эксплуатацию на НПЗ приводит к увеличению основного показателя – глубины переработки нефти до 95%. Вместе с тем УЗК относится к опасным производственным объектам, следовательно, для обеспечения безопасного ведения технологического процесса необходимо строгое соблюдение требований промышленной и пожарной безопасности, охраны труда. Кроме того, изменяются условия труда персонала установки в связи с тем, что появляется дополнительный вредный производственный фактор – пылевой, обусловленный выделением в воздух рабочей зоны коксовой пыли, которая обладает способностью к тлению, самовозгоранию и самовоспламенению. Превышение предельно допустимых концентраций по пыли нефтяного кокса в воздухе рабочей зоны производственных помещений (ПДК р. з. составляет 5 мг/м<sup>3</sup>) может стать причиной развития профессиональных легочных заболеваний [1–5]. По степени воздействия на организм человека пыль нефтяного кокса относится к 4 классу опасности. Согласно ГОСТ 22898 температура тления при самовозгорании пыли с размером частиц 50...100 мкм достигает 205...235 °С, температура самовоспламенения – 535...625 °С. Пыль с размером частиц 50...160 мкм не взрывоопасна: нижний предел воспламенения взвеси отсутствует до 500 г/м<sup>3</sup>.

Кроме того, высокая влажность нефтяного кокса создает трудности при обработке кокса на УЗК, приводя к низкой эффективности рассева на грохоте. Перевозка топливного нефтяного кокса, обладающего повышенной влажностью, сопровождается в осенний период интенсивным прилипанием, а в зимний – смерзанием груза и примерзанием к металлической поверхности думпкаров, гондол, хопперов, кузовов автосамосвалов. В результате этого до 50% горной массы остается невыгруженной, что вызывает необходимость в дополнительной очистке, при этом стоимость перевозки увеличивается до 20%. Для предупреждения пылеуноса, прилипания, смерзания, примерзания горных пород, имеющих повышенную влажность, применяются различные средства. Наиболее широкое промышленное применение за последние годы получили профилактические средства нефтяного происхождения – Ниогрин и Универсин [6–8].

В настоящее время для нефтеперерабатывающей отрасли актуальной является задача борьбы с пылеобразованием, потерями от выдувания, прилипанием, смерзанием и примерзанием к рабочим металлическим поверхностям автомобильных и железнодорожных транспортных средств при транспортировке в условиях отрицательных температур нефтяного топливного кокса, что и определило цель настоящего исследования.

**Методы исследований.** Выполнено компаундирование загущающей добавкой с растворителем, произведен подбор и определено оптимальное соотношение исходных сырьевых компонентов для получения пылеподавляюще-противосмерзающего средства с комплексом требуемых свойств.

Пылеподавляюще-противосмерзающее средство получали в цилиндрическом смесителе с механическим перемешивающим устройством и регулируемым подогревом всей наружной поверхности. Загущающую добавку в количестве 3...5% масс. нагревали в цилиндрическом металлическом смесителе до  $(85\pm 5)$  °С, к нему добавляли 95...97% масс. растворителя и перемешивали смесь в течение 10 мин при  $(85\pm 5)$  °С до получения однородной массы, затем полученную смесь подвергали изотермической выдержке в течение 60 мин при  $(85\pm 5)$  °С.

В качестве загущающих добавок профилактических средств использовали:

– мазут с установки АВТ-6 ОАО «Нафтан» с плотностью при 20 °С по ГОСТ 3900, равной  $939 \text{ г/см}^3$ , температурой вспышки, определяемой в открытом тигле по ГОСТ 4333, составляющей 173 °С;

– гудрон с установки ВТ-1 ОАО «Нафтан» с плотностью при 20 °С по ГОСТ 3900, равной  $1002 \text{ г/см}^3$ , температурой вспышки, определяемой в открытом тигле по ГОСТ 4333, составляющей 275 °С.

В качестве растворителей в профилактических средствах использовали керосино-газойлевые фракции вторичных процессов:

– керосино-газойлевую фракцию процесса висбрекинга с установки «Висбрекинг-Термокрекинг» ОАО «Нафтан» с пределами кипения 195...245 °С;

– побочную фракцию ароматических углеводородов  $C_{10+}$  с установки «Псевдокумол» ОАО «Нафтан» с пределами кипения 180...330 °С.

Характеристики используемых керосино-газойлевых фракций вторичных процессов приведены в таблице 1.

Таблица 1. – Физико-химическая характеристика компонентов растворителя пылеподавляюще-противосмерзающего профилактического средства

Показатель	Фракция ароматических углеводородов $C_{10+}$ с установки «Псевдокумол»	Керосино-газойлевая фракция с установки «Висбрекинг-Термокрекинг»
Плотность при 20 °С по ГОСТ 3900, $\text{г/см}^3$	0,902	0,819
Вязкость условная по ГОСТ 6258, ВУ при 50 °С	1,096	1,092
Температура вспышки ГОСТ 6356, °С	62	69
Температура застывания по ГОСТ 20287, °С	ниже минус 65	минус 54
Содержание механических примесей по ГОСТ 6370, % масс.	отс.	отс.
Фракционный состав по ГОСТ 2177:		
начало кипения	180	195
5%	182	200
10%	182	203
20%	184	205
30%	186	207
40%	189	208
50%	193	212
60%	196	216
70%	207	221
80%	258	228
90%	299	236
93%	316	240
95%	328	243
конец кипения	330	245

Полученные пылеподавляюще-противосмерзающие средства исследовали стандартными методами с целью установления температуры застывания (ГОСТ 20287-74), температуры вспышки в закрытом тигле (ГОСТ 6356), условной вязкости при 50 °С (ГОСТ 6258), плотности 20 °С (ГОСТ 3900), массового содержания механических примесей и воды (ГОСТ 6370 и ГОСТ 2477 соответственно).

**Результаты и их обсуждение.** В таблице 2 приведено сравнение технико-экономических показателей трех предлагаемых образцов пылеподавляюще-противосмерзающих средств с промышленными аналогами:

- образец 1: дизельное топливо Висбрекинга с 5% масс. мазута с установки АВТ-6;
- образец 2: дизельное топливо Висбрекинга с 3% масс. гудрона с установки ВТ-1;
- образец 3: фракция суммарной ароматики C<sub>10+</sub> 5% масс. мазута с установки АВТ-6.

Таблица 2. – Физико-химические свойства образцов предлагаемых пылеподавляюще-противосмерзающих средств в сравнении с промышленными аналогами

Показатели	Ниогрин ПС-35С ТУ 0258-002- 38507925-2012	Универсин-С ПС ТУ 38.1011142-88	Серерин-2 ТУ 38.101863-81	Предлагаемые профилактические средства		
				образец 1	образец 2	образец 3
Условная вязкость при 50 °С, ВУ, ГОСТ 6258, в пределах	1,0...3,0	1,1...3,5	1,1...1,5	1,12	1,11	1,09
Температура застывания по ГОСТ 20287, °С, не выше	минус 35	минус 40	минус 50	ниже минус 65	ниже минус 65	ниже минус 70
Температура вспышки по ГОСТ 6356, °С, не ниже	40	80	80	70	70	62
Массовая доля воды по ГОСТ 2477, в %, не более	2,0	0,5	0,5	0,01	0,01	0,01
Массовая доля механических примесей по ГОСТ 6370, в %, не более	1,0	0,3	0,2	следы	следы	следы
Испытание на медной пластинке по ГОСТ 6321	выдерживает	–	–	выдерживает		
Цвет, визуально	от светло-коричневого до черного					
Стоимость, долл./т	180...200	180...200	210...1100	55	54	498

Полученные пылеподавляюще-противосмерзающие средства представляют собой легкоподвижную маслянистую жидкость темно-коричневого цвета на основе растворителя и загущающей добавки нефтяного происхождения. При небольшом содержании загущающей добавки обладают высокими низкотемпературными свойствами, что позволяет использовать их в суровых климатических условиях. При этом 3...5% масс. является оптимальной концентрацией загущающей добавки (гудрона либо мазута) для достижения максимального депрессорного эффекта в керосино-газойлевых фракциях.

Анализ коррозионного воздействия на металлы (Сталь 10, алюминий, медь) по ГОСТ 9.080 показал, что все образцы выдерживают испытания.

Моделирование процесса примерзания и прилипания к поверхности полувагонов проводилось в лабораторных условиях при искусственном обводнении (содержание влаги 10%) нефтяного кокса либо каменного угля в морозильных камерах при температуре –30 °С в течение 48 ч. Эксперименты проводили в специальных металлических макетах железнодорожных полувагонов (материал – Сталь 20), моделирующих железнодорожные вагоны, используемые для перевозки угля, уменьшенные в 1225 раз [9]. Обработка внутренней поверхности полувагона производилась при помощи пульверизатора. Объем нефтяного кокса либо угля обрабатывался распылением реагента через форсунку. На практике для обработки стенок одного полувагона расход средств составил 10 л. Для сравнительных испытаний принят расход 8 мл на одну модель полувагона, согласно кратности масштабирования данного объекта. Выгрузка нефтяного кокса либо угля после выдержки контейнеров в морозильной камере при температуре –30 °С в течение 48 ч производилась после механического воздействия на боковую стенку модели полувагона ударами гири массой 1 кг, привязанной на шнуре длиной 35 см и углом падения 45° с последующим переворачиванием. После каждого удара и переворачивания производилась визуальная оценка объема выгруженного угля в процентном соотношении.

Результаты моделирования процесса примерзания и прилипания к поверхности полувагонов показали, что все образцы позволяют снизить адгезию (примерзаемость) нефтяного кокса либо угля к металлической поверхности, значительно уменьшить смерзаемость нефтяного кокса либо угля и облегчить их выгрузку из контейнеров-макетов. Составы показывают достаточные адгезионные свойства по отношению к пыли, что позволяет сократить потери от выдувания влажных сыпучих углеродсодержащих материалов при их транспортировке и снизить воздействие пылевого фактора на персонал.

При нанесении жидкости на внутренние поверхности кузовов думпкаров, полувагонов, вагонов и автосамосвалов, а также на внутренние поверхности ковшей экскаваторов, грейдеров и другой карьерной техники происходит образование на металлической поверхности прочного углеводородного слоя, который не допускает прямого контакта между кусками насыпного материала и металлом, в результате чего прочность прилипания и примерзания углеродсодержащей массы снижается. При обработке массы насыпного материала на его поверхности также образуется тонкая пленка, предотвращающая смерзание кусков материала в единый монолит.

Распыление пылеподавляюще-противосмерзающего средства при транспортировке нефтяного кокса рекомендуется осуществлять одновременно, непосредственно на внутреннюю металлическую поверхность транспортных средств и на движущийся по конвейеру кокс с общим расходом 0,8...3% масс. от массы нефтяного кокса [10].

**Заключение.** Использование керосино-газойлевой фракции процесса висбрекинга остаточного нефтяного сырья с пределами кипения 195...245 °С либо побочного продукта с установки «Псевдокумол» фракции ароматических углеводородов C<sub>10+</sub> с пределами кипения 180...330 °С в оптимальных концентрациях даст возможность расширить сырьевую базу для получения профилактических средств, обладающих высокими эксплуатационными характеристиками, позволяющими использовать средства для предотвращения смерзания, прилипания и для пылеподавления сыпучих углеродсодержащих материалов, в т.ч. нефтяного кокса и угля, в условиях их транспорта при низких температурах, а также расширить сферу использования побочных и сопутствующих продуктов нефтепереработки. Промышленная реализация предлагаемого средства для предотвращения смерзания, прилипания и пылеподавления сыпучих углеродсодержащих материалов позволит сократить затраты на их транспортировку и выгрузку и снизить воздействие пылевого фактора на персонал.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ляхович, В.А. Противосмерзающее средство из отходов нефтехимии для транспортировки топливного кокса / В.А. Ляхович, В.А. Емельянова, Ю.А. Булавка // Нефть и газ-2018 : сб. тез. 72-й междунар. молодеж. науч. конф., Москва, 23–26 апр. 2018 г. – Т. 2. – М. : Издат. центр РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина, 2018. – С. 366.
2. Ляхович, В.А. Снижение воздействия пылевого фактора на работников при получении и транспортировке нефтяного кокса / В.А. Ляхович, Ю.А. Булавка // Безопасность-2019 : материалы докл. XXIV Всерос. студ. науч.-практ. конф. с междунар. участием «Проблемы экологической и промышленной безопасности современного мира», Иркутск, 16–19 апр. 2019 г. – Иркутск : Изд-во ИРНТУ, 2019. – С. 129–131.
3. Ляхович, В.А. Пылеподавляющий и противосмерзающий состав для кокса из продуктов вторичных процессов переработки нефтяного сырья / В.А. Ляхович, Ю.А. Булавка // Наука. Технология. Производство-2019 : материалы междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 100-летию Респ. Башкортостан / редкол.: Н.Г. Евдокимова [и др.]. – Уфа : Изд-во УГНТУ, 2019. – С. 59–61.
4. Liakhovich, V. Method to reduce freezing and improve dust suppression when receiving and transporting petcoke / V. Liakhovich, Y. Bulauka // Topical issues of rational use of natural resources : Scientific Conference of XV International Forum-Contest of Students and Young Researchers, St. Petersburg, May 13–17, 2019. – St. Petersburg, 2019. – P. 24.
5. Ляхович, В.А. Способ снижения смерзания и улучшения пылеподавления при получении и транспортировке нефтяного кокса / В.А. Ляхович, Ю.А. Булавка // Нефть и газ-2019 : сб. тез. докл. 73-й Междунар. молодеж. науч. конф., Москва, 22–25 апр. 2019 г. – Т. 5. – М. : Издат. центр РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина, 2019. – С. 468–469.
6. Ляхович, В.А. Способы подавления пылеобразования при транспортировке углеродсодержащих материалов / В.А. Ляхович, Ю.А. Булавка // Промышленная безопасность и охрана труда: практика, обучение, инновации : сб. материалов междунар. заоч. науч.-практ. конф. – Минск : УГЗ, 2019. – С. 26–29.
7. Liakhovich, V. Method to reduce freezing and improve dust suppression when receiving and transporting petcoke / V. Liakhovich, Y. Bulauka // European and national dimension in research. Technology = Европейский и национальный контексты в научных исследованиях : Electronic collected materials of XI Junior Researchers' Conference, Novopolotsk, May 23–24, 2019 / Polotsk State University ; ed. D. Lazouski [et al.]. – Novopolotsk, 2019. – P. 104–105.
8. Liakhovich, V. Receiving an antifreezing agent for transporting coke by rail / V. Liakhovich, V. Yemelyanova, Y. Bulauka // European and national dimension in research. technology = Европейский и национальный контексты в научных исследованиях : Electronic collected materials of X Junior Researchers' Conference, Novopolotsk, May 10–11, 2018 / Polotsk State University ; ed. D. Lazouski [et al.]. – Novopolotsk, 2018. – P. 153–155.

9. Профилактическая смазка для предотвращения смерзания сыпучих веществ : пат. RU 2 582 129 С1 : МПК С09К 3/18(2006.01) / Е.И. Кагакин, А.Р. Богомолов, А.А. Каськов, А.И. Горбунков ; дата публ. 20.04.2016.
10. Походенко, Н.Т. Получение и обработка нефтяного кокса / Н.Т. Походенко, Б.И. Брондз. – М. : Химия, 1986. – С. 289–293.

Поступила 12.12.2019

## REDUCING THE INFLUENCE OF COKE DUST ON WORKERS BY USING DUST-SUPPRESSING-ANTI-FREEZING MEANS

*Y. BULAUKA, V. LIAKHOVICH*

*This article presents the results of studies on the production of anti-freezing and adhesion agents based on products of secondary oil refining processes for dust suppression and reduction of losses from the blowing out of wet bulk carbon-containing materials, in particular petroleum coke, during their transportation at low temperatures. The use of the developed dust suppressing-antifreeze agent will reduce the dust exposure on the employees of the delayed coking unit during the production of fuel grade petroleum coke and improve its freeze resistance. This will have a positive impact on the solution of the problem of transportation of fuel grade petroleum coke produced by OJSC "Naftan" to OJSC "Belarusian Cement Plant" at subzero temperatures, and will also allow expanding the range of marketable products, increasing production efficiency and reducing expenditures on purchasing of imported antifreeze*

**Keywords:** *oil refining, petroleum coke, dust, dust factor, dust-suppressing and anti-freezing agent.*