

5
Б 44

Н. Н. Беляев
М. О. Оладипо
П. С. Кириченко

ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ УГЛЯ



Кривой Рог – 2018

Н. Н. Беляев, М. О. Оладипо, П. С. Кириченко

ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ УГЛЯ

Рекомендовано к печати
Ученым советом Днепропетровского национального
университета железнодорожного транспорта
имени академика В. Лазаряна

Кривой Рог
Издатель Роман Козлов
2018

Рецензенты:

д. т. н., проф. *С. З. Полищук* (ПГАСА)

д. т. н., проф. *В. Д. Петренко* (ДНУЖТ)

д. т. н., проф. *Л. С. Савин* (ПГАСА)

Рекомендовано к печати

Ученым советом

*Днепропетровского национального университета
железнодорожного транспорта
имени академика В. Лазаряна*

Беляев Н. Н., Оладипо М. О., Кириченко П. С.

Б43 Защита окружающей среды при транспортировке угля /
Н. Н. Беляев, М. О. Оладипо, П. С. Кириченко. – Кривой Рог : Изд.
Р. А. Козлов, 2018. – 92 с.

ISBN 978-617-7643-10-3

В монографии рассмотрены методы защиты атмосферного воздуха от загрязнения при транспортировке угля в полувагонах. Представлены эффективные CFD модели для теоретического исследования процесса пылевого загрязнения атмосферного воздуха возле транспортных коридоров, по которым происходит перевозка угля. Для описания процесса массопереноса угольной пыли применяется уравнение конвективно-диффузионного переноса примеси. Аэродинамика процесса рассеивания угольной пыли рассчитывается на базе модели течения идеальной жидкости. Представлены результаты лабораторных и вычислительных экспериментов на базе разработанных CFD моделей.

Монография будет полезна для студентов, аспирантов и специалистов, работающих в области охраны окружающей среды, охраны труда, вычислительной гидродинамики и прикладной математики.

УДК [504.3:622.411.52]:656.2

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
Раздел 1. Анализ состояния изучаемой проблемы	6
1.1. Проблема загрязнения окружающей среды при перевозке угля железнодорожным транспортом.....	6
1.2. Причины выноса пыли из вагонов при перевозке угля	10
1.3. Методы инженерной защиты окружающей среды от загрязнения вблизи транспортных коридоров	11
1.4. Анализ методов исследования процесса рассеивания угольной пыли в атмосферном воздухе	20
Раздел 2. Теоретические основы моделирования процесса пылевого загрязнения атмосферного воздуха возле железнодорожной магистрали	27
2.1. Особенности исследуемого явления.....	27
2.2. Модели оценки уровня загрязнения угольной пылью атмосферного воздуха.....	29
2.3. Моделирование аэродинамики ветрового потока при обтекании полувагона с углем.....	32
2.4. Оценка интенсивности выделения угольной пыли при перевозке угля	34
Раздел 3. Построение численных моделей для прогноза уровня пылевого загрязнения атмосферного воздуха при перевозке угля.....	38
3.1. Формирование вида расчетной области.....	38
3.2. Численное решение уравнения рассеивания угольной пыли в атмосферном воздухе	40
3.3. Численное решение задачи по определению скорости воздушного потока.....	46
3.4. Разработка пакетов программ для оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха.....	49
Раздел 4. Исследование эффективности аэродинамических методов защиты от загрязнения атмосферного воздуха при перевозке угля в полувагонах	52
4.1. Исследование интенсивности уноса угольной пыли.....	52
4.2. Исследование загрязнения атмосферного воздуха при загрузке угля с «шапкой» в полувагон	54
4.3. Исследование эффективности применения дополнительных бортов типа «вертикальная стенка» для защиты окружающей среды от пылевого загрязнения	60

4.4. Исследование эффективности применения дополнительных бортов типа «крыло» для защиты окружающей среды от загрязнения.....	64
4.5. Исследование эффективности применения дополнительных бортов типа «внутреннее крыло» для защиты окружающей среды от загрязнения.....	67
4.6. Исследование эффективности установки экрана на полувагон для защиты окружающей среды от загрязнения	70
4.7. Моделирование загрязнения атмосферного воздуха в селитебной зоне при движении состава с углем.....	78
Заключение.....	82
Список литературы	83

ВВЕДЕНИЕ

В многих странах мира осуществляется интенсивная добыча угля. Добыча угля происходит в шахтах, карьерах, которые располагаются на значительном расстоянии от потребителей (промышленные объекты, порты, теплостанции). Транспортировка угля осуществляется в полувагонах. При такой транспортировке происходит интенсивный вынос угольной пыли из полувагонов, что сопровождается загрязнением, как атмосферного воздуха, так и подстилающей поверхности возле железнодорожной магистрали. В этой связи, актуальной задачей является разработка методов, направленных на снижение уровня загрязнения окружающей среды при перевозке угля и обладающих при этом определенной эффективностью, не требующих больших экономических затрат при практической реализации. Актуальной задачей также является создание методов расчета, позволяющих быстро оценить эффективность таких методов защиты на этапе принятия проектных решений. Это обусловлено тем, что применение физического моделирования для обоснования эффективности различных мер защиты требует больших временных затрат и материальных средств.

РАЗДЕЛ 1.

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ИЗУЧАЕМОЙ ПРОБЛЕМЫ

В данном разделе рассматриваются факторы, приводящие к выносу угольной пыли из вагонов и методы уменьшения пылевого загрязнения окружающей среды при перевозке угля. Также рассматриваются теоретические и экспериментальные методы решения задач данного класса.

1.1. Проблема загрязнения окружающей среды при перевозке угля железнодорожным транспортом

В Нигерии происходит интенсивная добыча угля (рис.1.1). Транспортировка угля в Нигерии осуществляется железнодорожным транспортом от места его добычи к промышленным центрам и портам. Это обусловлено двумя важными причинами:

1. наличием достаточно хорошо развитой железнодорожной сети в Нигерии, соединяющей угледобывающие районы с промышленными регионами и портами (рис.1.2).
2. перевозка угля железнодорожным транспортом угля обеспечивает низкую стоимость доставки груза в промышленных объемах.



Рисунок 1.1 – Добыча угля в Нигерии

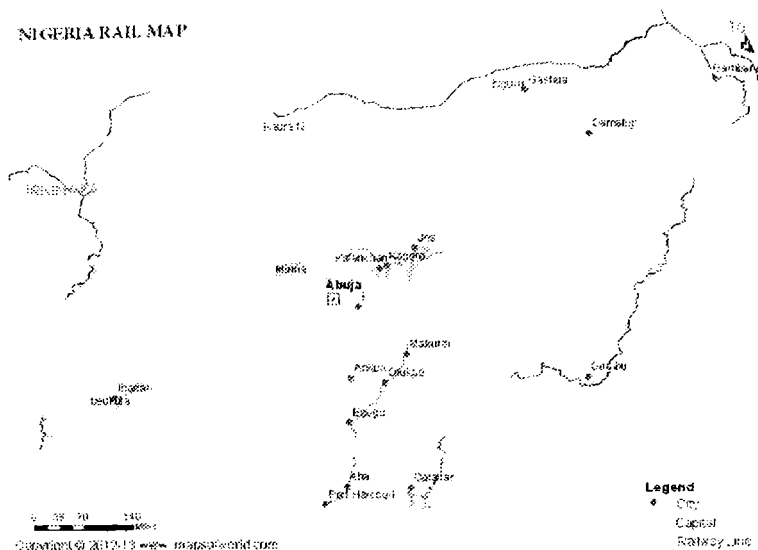


Рисунок 1.2 – Железнодорожная сеть в Нигерии

Однако известно, что транспортировка угля в полувагонах приводит к большой проблеме, а именно – выносу угольной пыли из полувагонов, формированию концентрационного поля пыли над составом, в транспортном коридоре и на прилегающей к магистрали территории (рис.1.3). Такой вынос мелкодисперсных фракций угольной пыли из полувагонов, в зарубежной литературе, получил название «fugitive dust emission» [70-75]. С течением времени угольная пыль оседает на подстилающую поверхность, что приводит ее к интенсивному загрязнению.

Под действием ветровых потоков, при движении других составов, осевшая на поверхность пыль, снова поднимается в воздух и происходит вторичное загрязнение воздушной среды. Как отмечается в научных работах, посвященных этим исследованиям [73, 74, 77], в настоящее время еще имеет место дефицит знаний по процессу рассеивания угольной пыли в воздушной среде транспортных коридоров. Кроме этого основным приоритетом научных исследований в этой области остается разработка стратегии по минимизации загрязнения окружающей среды при транспортировке угля [73, 74, 76, 83].

При транспортировке угля в условиях жаркого климата (Нигерия) происходит быстрая потеря влаги в грузе, находящемся в полувагоне, снижение сил адгезии между частицами угля. Поэтому во время такой транспортировки быстро создаются условия для интенсивного выноса угольной пыли из полувагонов.



Рисунок 1.3 – Вынос пыли («fugitive dust») из полувагона при транспортировке угля

В целом, вынос угольной пыли от транспортируемого груза приводит к таким негативным последствиям:

1. к загрязнению воздушной среды транспортных коридоров и прилегающих к ним зонам;
2. к загрязнению подстилающей поверхности примагистральной территории, что ведет к ухудшению качества грунта и балластного слоя;
3. к потере груза (так, согласно [23] потеря груза на один вагон может составлять порядка 0.5 т при перевозке угля на расстояние менее 500км и порядка 1т, при перевозке угля на расстояние более 500км);
4. к ухудшению свойств груза, его внешнего вида.

Следует обратить внимание на то, что в зарубежных научных публикациях, при изучении проблемы выноса угольной пыли из полувагонов, целью исследования является определение массы вынесенной пыли, без разбиения ее по фракциям.

Кроме проблемы загрязнения окружающей среды, вынос угольной пыли из полувагонов создает угрозу здоровью людей, находящихся возле транспортного коридора. Пыль также может попадать не только в селитебную зону, но и внутрь локомотивов, вагонов других поездов, которые движутся по транспортному коридору (на рис.1.5 виден второй локомотив, который попадает в пылевое облако).

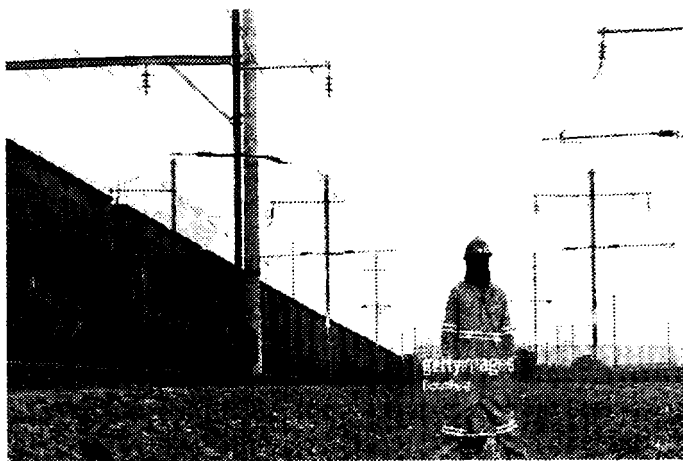


Рисунок 1.4 – Работник железной дороги вблизи транспортного коридора



Рисунок 1.5 – Загрязнение транспортного коридора при перевозке угля: 1 – облако пыли; 2 – технические сооружения железной дороги (пункты связи)

Кроме этого, при прохождении грузового состава с углем по железнодорожным станциям происходит попадание угольной пыли на технические сооружения железной дороги (вокзалы, диспетчерские, складские помещения и т.д.), т.е. происходит загрязнение воздушной среды, там, где находятся различные работники (диспетчера, дежурные по станции, составители поездов, сигналисты и т. д.).

1.2. Причины выноса пыли из вагонов при перевозке угля

Анализ литературных данных показал, что проблема выноса угольной пыли при перевозке угля является очень актуальной в настоящее время [23, 59, 67, 68, 70-77, 83, 88, 90, 94, 96, 97, 100]. Так в работах [73, 74, 76, 77, 82, 83] был выполнен комплексный анализ и обобщение результатов изучения процессов выноса угольной пыли при транспортировке угля. Источниками эмиссии могут быть выбросы пыли из люков, выброс от поверхности груза и т.д. Как свидетельствуют результаты изучения научных публикаций [73, 74, 76, 83], наиболее мощным источником пылевыведения является вынос пыли с поверхности груза в вагоне. Такой вынос угольной пыли из полувагонов происходит под действием ряда факторов. Системный анализ литературных источников позволил определить эти факторы [74, 76, 77, 83]:

1. тип угля;
2. влагосодержание груза;
3. размер частиц угля.
4. размер открытой части вагона;
5. форма «шапки» груза и ее размеры;
6. положение вагона в составе, вибрация вагона в составе;
7. скорость поезда;
8. скорость ветра, его направление;
9. осадки, попадающие на груз при его транспортировке;
10. наличие или отсутствие специальных средств погашения пылевыведения.

Важно отметить, [73, 74, 76], то, что важнейшим параметром, влияющим на интенсивность эмиссии угольной пыли из полувагона является скорость воздушного потока возле поверхности груза – т.е. локальная скорость потока. Сложность научного исследования задач данного класса связана с тем, что, этот параметр зависит от скорости поезда, скорости ветра и его направления. Эти параметры постоянно меняются в процессе движения состава. В ряде случаев, скорость воздушного потока, индуцированного движением состава, складывается со скоростью ветра, что создает наихудшие аэродинамические условия, с точки зрения пылевыведения от поверхности груза. Сделать такой учет при проведении натурного эксперимента, когда состав движется в условиях сложного рельефа местности, совершает повороты, торможение и т.д. – практически невозможно.

Существуют дополнительные факторы, влияющие на интенсивность пылевыведения при перевозке угля, а именно:

1. количество локомотивов в составе (при транспортировке угля в США могут использоваться до 6-ти локомотивов);
2. тип локомотива и его техническое состояние;
3. техническое состояние вагонов;
4. ускорение при движении состава;
5. прохождение встречного поезда;
6. рельеф местности.

Таким образом, процессы пылевыведения при перевозке угля и загрязнения окружающей среды в транспортных коридорах являются многофакторными, что крайне затрудняет проведение физических экспериментов и создание универсальной модели для прогнозирования данных процессов. Актуальность исследований процессов пылевого загрязнения окружающей среды в транспортных коридорах продолжает оставаться важной научно – исследовательской проблемой.

1.3. Методы инженерной защиты окружающей среды от загрязнения вблизи транспортных коридоров

Для минимизации процесса загрязнения окружающей среды при перевозке угля используется ряд методов. На основе известных литературных данных [74, 76, 83], был выполнен анализ этих методов, выделены их достоинства и недостатки. Ниже представлены данные этого анализа. В ряде случаев, при аналитической оценке некоторых методов также указана их эффективность по шкале, принятой в Австралии [83]: *High, Medium, Low*.

Обзор научных работ, посвященный проблеме выноса угольной пыли из полувагонов показал, что для решения этой задачи используются следующие методы:

1. Заделка щелей и зазоров на вагоне. Для этого используются пленочные материалы, пасты, специального вида мастики.

Достоинства: такой способ позволяет предохранить высыпание груза через зазоры, щели в полувагонах и тем самым уменьшить поступление пыли в окружающую среду при транспортировке. Стоимость материалов относительно невысока и транспортные компании это могут позволить без ущерба для своей экономики.

Недостатки: данный способ не дает возможность уменьшить пылевыведение с поверхности груза в полувагоне. Требуется наличие специальных материалов, пунктов по заделке щелей, необходим периодический осмотр вагонов и заделка щелей, если произошло разрушение пленочного материала и т.п. Необходим персонал, чтобы обследовать, обработать десятки, сотни вагонов.

1. количество локомотивов в составе (при транспортировке угля в США могут использоваться до 6-ти локомотивов);
2. тип локомотива и его техническое состояние;
3. техническое состояние вагонов;
4. ускорение при движении состава;
5. прохождение встречного поезда;
6. рельеф местности.

Таким образом, процессы пылевыведения при перевозке угля и загрязнения окружающей среды в транспортных коридорах являются многофакторными, что крайне затрудняет проведение физических экспериментов и создание универсальной модели для прогнозирования данных процессов. Актуальность исследований процессов пылевого загрязнения окружающей среды в транспортных коридорах продолжает оставаться важной научно – исследовательской проблемой.

1.3. Методы инженерной защиты окружающей среды от загрязнения вблизи транспортных коридоров

Для минимизации процесса загрязнения окружающей среды при перевозке угля используется ряд методов. На основе известных литературных данных [74, 76, 83], был выполнен анализ этих методов, выделены их достоинства и недостатки. Ниже представлены данные этого анализа. В ряде случаев, при аналитической оценке некоторых методов также указана их эффективность по шкале, принятой в Австралии [83]: *High, Medium, Low*.

Обзор научных работ, посвященный проблеме выноса угольной пыли из полувагонов показал, что для решения этой задачи используются следующие методы:

1. Заделка щелей и зазоров на вагоне. Для этого используются пленочные материалы, пасты, специального вида мастики.

Достоинства: такой способ позволяет предохранить высыпание груза через зазоры, щели в полувагонах и тем самым уменьшить поступление пыли в окружающую среду при транспортировке. Стоимость материалов относительно невысока и транспортные компании это могут позволить без ущерба для своей экономики.

Недостатки: данный способ не дает возможность уменьшить пылевыведение с поверхности груза в полувагоне. Требуется наличие специальных материалов, пунктов по заделке щелей, необходим периодический осмотр вагонов и заделка щелей, если произошло разрушение пленочного материала и т.п. Необходим персонал, чтобы обследовать, обработать десятки, сотни вагонов.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Абрамовський Є. Р. Методи розрахунку концентрації повітряних забруднень на міській території. Навч. посібник / Є. Р. Абрамовський, Ю. Л. Гринчишин, Є. В. Єгоров, О. А. Загній – Д.: Наука і освіта, 2010. – 223 с.
2. Аргучинцев В. К. Моделирование мезомасштабных гидротермодинамических процессов и переноса примесей в атмосфере и гидросфере региона оз. Байкал / Аргучинцев В. К., Аргучинцев А. В. – Иркутск: изд-во Иркутского гос. ун-та, 2007. – 255 с.
3. Белолипецкий В. М. Математическое моделирование течений стратифицированной жидкости / Белолипецкий В. М., Костюк В. Ю., Шокин Ю. И. – Новосибирск: Наука, 1991. – 116 с.
4. Беляев, Н. Н. Моделирование процесса сноса угольного концентрата из полувагонов / Н. Н. Беляев, А. А. Карпо // Наук. вісн. буд-ва : зб. наук. пр. / Харк. нац. ун-т буд-ва та архіт. – Харків, 2016. – № 1 (83). – С. 196–199.
5. Беляев Н. Н. Методы экспресс расчета уровня загрязнения атмосферы / Беляев Н. Н., Коренюк Е. Д., Хрущ В. К. – Д.: Наука и образование, 2002. – 192 с.
6. Беляев, Н. Н. Моделирование нестационарных процессов аварийного загрязнения атмосферы: монография [Текст] / Н. Н. Беляев, А. В. Берлов, П. Б. Машихина. – Д.: «Акцент ПП», 2014. – 127 с.
7. Беляев Н. Н. Защита зданий от проникновения в них опасных веществ: монография [Текст] / Н. Н. Беляев, Е. Ю. Гунько, Н. В. Росточило. – Д.: «Акцент ПП», 2013. – 136 с.
8. Беляев Н. Н. Прогнозирование уровня загрязнения рабочих зон возле железнодорожной магистрали / Н. Н. Беляев, Оладипо Мутиу Олатойе, А. В. Гыркало // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия Энергетика, экология, компьютерные технологии в строительстве. – Д.: ГВУЗ «Приднепр. гос. академия стр-ва и архитектуры», 2017. – Вып. 98. – С.61 – 67.
9. Беляев Н. Н. Оценка уровня загрязнения атмосферы при перевозке сыпучих грузов железнодорожным транспортом / Н. Н. Беляев, Оладипо Мутиу Олатойе // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия Энергетика, экология, компьютерные технологии в строительстве. – Д.: ГВУЗ «Приднепр. гос. академия стр-ва и архитектуры», 2016. – Вып. 92. – С.35 – 40.
10. Беляев Н. Н. Прогнозирование уровня загрязнения атмосферы при транспортировке сыпучих грузов / Н. Н. Беляев, Оладипо Мутиу Олатойе // Строительство. Материаловедение. Машиностроение.

Серия Безопасность жизнедеятельности. – Д.: ГВУЗ «Приднепр. гос. академия стр-ва и архитектуры», 2016. – Вып. 93. – С.236 – 240.

11. Беляев Н. Н. Минимизация интенсивности выноса пыли из полувагона при транспортировке угля / Н. Н. Беляев, Оладипо Мутиу Олатойе // Науковий журнал «Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті». Д.: Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. академіка В. Лазаряна, 2016. – № 11. – С.93 – 100.

12. Беляев Н. Н. Модели оценки уровня загрязнения атмосферы при транспортировке сыпучих грузов / Н. Н. Беляев, М. О. Оладипо // Наука та прогрес транспорту. Екологія на транспорті. Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. академіка В. Лазаряна. – 2016. – Вип. 5 (65). – С. 22-29.

13. Беляев Н. Н. Проблема уноса угольной пыли / Н. Н. Беляев, М. О. Оладипо // Наука та прогрес транспорту. Екологія на транспорті. Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. академіка В. Лазаряна. – 2016. – Вип. 6 (66). – С. 17-24.

14. Беляев Н. Н. Расчет динамики загрязнения примагистральной территории при перевозке угля / Н. Н. Беляев, М. О. Оладипо // Наука та прогрес транспорту. Екологія на транспорті. Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. академіка В. Лазаряна. – 2016. – Вип. 6 (66). – С. 17-24.

15. Беляев Н. Н. Исследование интенсивности уноса пыли из вагона при транспортировке угля / Н. Н. Беляев, Оладипо Мутиу Олатойе // Збірник наукових праць «Науковий вісник будівництва» – Х.: Харківський національний університет будівництва та архітектури, 2016 – №4(86). – С.292 – 298.

16. Беляев Н. Н. Математическое моделирование уноса угольной пыли / Н. Н. Беляев, Оладипо Мутиу Олатойе // Інформатика, управління та штучний інтелект. Матеріали третьої міжнародної науково-технічної конференції студентів, магістрів та аспірантів. – Х.: НТУ "ХПІ", 2016. – С. 6.

17. Беляев Н. Н. Экологические проблемы транспортировки сыпучих грузов железнодорожным транспортом / Н. Н. Беляев, Оладипо Мутиу Олатойе // Диференціальні рівняння та проблеми аерогідромеханіки й тепломасо-переносу: тези доповідей Всеукраїнської наукової конференції (28-30 вересня 2016 р. Дніпро) Дніпропетр. нац. ун-т, 2016. – С. 62.

18. Беляев Н. Н. Теоретическое и экспериментальное исследование уноса угольной пыли / Н. Н. Беляев, Оладипо Мутиу Олатойе // Теоретичні та практичні аспекти розвитку науки (частина II): ма-

теріали II-ї Міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 29-30 листопада 2016 року). –К.: МЦНД, 2016. – С.15 – 16.

19. Беляев Н. Н. Компьютерно-информационная система анализа уноса угольной пыли / Н. Н. Беляев, Оладипо Мутиу Олатойе // Современные информационные и коммуникационные технологии на транспорте, в промышленности и образовании: Тезисы X Международной научно-практической конференции (Днепро, 14-15 декабря 2016 г.). – Д.: ДИИТ, 2016. – С. 90 – 91.

20. Беляев Н. Н. Моделирование загрязнения окружающей среды при транспортировке сыпучих грузов железнодорожным транспортом / Н. Н. Беляев, Оладипо Мутиу Олатойе // Комп'ютерне моделювання та оптимізація складних систем (КМОСС-2016): матеріали II Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю (м. Дніпро, 1-3 листопада 2016 року) / Міністерство освіти і науки України, Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет». – Дніпро: ДВНЗ УДХТУ, 2016. – С.26 – 27.

21. Берлянд М. Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы / Берлянд М. Е. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 273 с.

22. Бруцкий Е. В. Теория атмосферной диффузии радиоактивных выбросов / Бруцкий Е. В. – К.: Институт гидромеханики НАН Украины, 2000. – 443 с.

23. Воробйов, Є.О. Запобігання забруднення повітря пилом під час транспортування вугілля / Є.О. Воробйов, М.О. Ніколенко, І.О. Худякова. // Вісті АДІ ДВНЗ «ДонНТУ». – Горлівка, 2005. – №1. – С. 34 – 38.

24. Генихович Е. Л. К вопросу о применимости гауссовой модели для расчета загрязнения воздуха / Е. Л. Генихович // Тр. ГГО.–1982.– Вып. 450.– С.35 – 40.

25. Голинько В.И. Рудничная пыль, динамика, контроль концентрации и пылеотложений / Голинько В.И. // Уголь Украины №4, 1994. – С.58-59.

26. Гусев Н. Г. Радиоактивные выбросы в биосфере / Гусев Н. Г., Беляев В. А. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 257 с.

27. ЗАКОН УКРАЇНИ про охорону навколишнього природного середовища (Відомості Верховної Ради (ВВР)), 1991. – № 41 – ст. 546.

28. Запорожець О. І. Проект концепції управління ризиками надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру / О. І. Запорожець // Безпека життєдіяльності. – 2007. – № 4. – С. 2–4.

29. Зберовский А. В. Математическое моделирование загрязнения атмосферы при аварийном выбросе химически опасного веще-

ства / А. В. Зберовский // Збірник наукових праць Національного гірничого університету № 37. – Дніпропетровськ – 2012. С.305-310.

30. Калабин Г. В. Метод расчета аэрогазодинамики камерообразных выработок на основе математического моделирования / Г. В. Калабин, А. А. Бакланов, П. В. Амосов. – ФТПРПИ. – №1. – 1990. – С. 74–88.

31. Колесник В. Е. Математическое моделирование процесса рассеивания промышленной пыли в атмосфере / В. Е. Колесник, Л. А. Головина, В. В. Богущая // Збірник наукових праць НГУ №26, Том.2. – Дніпропетровськ: РВК НГУ, 2006. – 120-130.

32. Колесник В. Е. Пылевой выброс вентилятора главного проветривания угольной шахты: экологическая опасность, способы снижения или локализация: монография [Текст] / В. Е. Колесник, Л. А. Головина, М. В. Левченко. – Д.: Национальный горный университет, 2011. – 125 с.

33. Кострюков, В. А. Основы гидравлики и аэродинамики / В. А. Кострюков. – М.: Высшая школа, 1975. – 220 с.

34. Кошик Ю.Й. Розробка технології боротьби з пилом при перевезенні гірничої маси залізничним транспортом. Автореферат дис. на соиск. уч. степени канд. техн. наук, Кривий Ріг, 2003. -20 с.

35. Лаврентьев М. А. Проблемы гидродинамики и их математические модели / Лаврентьев М. А., Шабат Б. В. – М.: Наука, 1977. – 407 с.

36. Логачев И. Н. Аэродинамические основы аспирации / Логачев И. Н., Логачев К. И. – Санкт-Петербург: Химиздат, 2005. – 659 с.

37. Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа / Лойцянский Л. Г. – М.: Наука, 1978. – 735 с.

38. Марчук Г. И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды / Марчук Г. И. – М.: Наука, 1982. – 320 с.

39. Методичні вказівки «Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря» / У відповідності із наказом МОЗ України від 13.04.2007р. №184.

40. Методика расчета концентрации в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий – Л.: Гидрометеиздат. – 1987.– 93 с.

41. Озмидов Р. В. Горизонтальная турбулентность и турбулентный обмен в океане / Озмидов Р. В. – М.: Наука, 1968. – 204 с.

42. Оладипо Мутиу Олатойе. Расчет загрязнения рабочих зон возле транспортной магистрали // Збірник наукових праць «Науковий вісник будівництва» – Х.: Харківський національний університет будівництва та архітектури, 2017 – №1(87). – С.221 – 225.

43. Оладипо Мутиу Олатойе. Оценка уровня загрязнения воздушной среды возле железнодорожных магистралей с помощью информационной системы анализа уноса угольной пыли из вагонов // Доклады международного научного симпозиума «Неделя эколога – 2017», 10-13 апреля 2017г. – Каменское: ДГТУ. – 2017. – С.35.

44. Оладипо Мутиу Олатойе. Экспертная оценка загрязнения рабочих зон при перевозке угля // Материалы 77 Международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта», 11-12 мая 2017г. – Днепр: ДНУЖТ. – 2017. – С.242.

45. Отделкин Н.С. Теоретические основы оценки потерь сыпучих грузов и защиты окружающей среды от пылеобразования при перегрузке и хранении в портах. Дис. на соиск. уч. степени докт. техн. наук, Н. Новгород, 2009. -301 с.

46. Пененко В. В. Модели и методы для задач охраны окружающей среды / Пененко В. В., Алоян А. Е. – Новосибирск: Наука, 1985. – 257 с.

47. Пляцук Л. Д. Аналіз методів математичного моделювання розповсюдження забруднюючих речовин в атмосфері / Л. Д. Пляцук, В. В. Бойко // Вісник КНУ імені Михайла Остроградського – 2010. – Вип. 6. – С. 1–4.

48. Полянин А. Д. Справочник по точным решениям уравнений тепло- и массопереноса / Полянин А. Д., Вязмин А. В., Журов А. И., Казенин Д. А. – М.: Факториал, 1998. – 368 с.

49. Роуч П. Вычислительная гидродинамика / Роуч П. – М.: Мир, 1980.– 616 с.

50. Рудаков Д. В. Модель рассеивания примеси в приземном слое атмосферы над поверхностью со сложным рельефом / Д. В. Рудаков // Вісник ДНУ. Серія Механіка. Вип. 8. – 2004. – № 6. т. 1. – С. 89–97.

51. Самарский А. А. Математическое моделирование / Самарский А. А., Михайлов А. П. – М.: Физматлит, 2001. – 320 с.

52. Самарский А. А. Теория разностных схем / Самарский А. А. – М.: Наука, 1983. – 616 с.

53. Серебреніков Е.В. Розробка методики визначення концентрації пилу на ділянках робочих зон кар'єрів при перевантаженні гірничої маси. Автореферат дис. на соиск. уч. степени канд. техн. наук, Кривий Ріг, 2010. -20 с.

54. Способы и средства борьбы с пылью на добычных участках угольных шахт: Экспресс-информ. / ЦНИЭИуголь. – М., 1978. – 40 с.

55. Степаненко С. Н. Решение уравнения турбулентной диффузии для стационарного точечного источника / С. Н. Степаненко,

В. Г. Волошин, С. В. Типцов // Український гідрометеорологічний журнал. – 2008. – № 3. – С. 13–24.

56. Уорк К. Загрязнение воздуха. Источники и контроль / Уорк К., Уорнер С. – М.: Мир, 1980. – 539 с.

57. Численное моделирование распространения загрязнения в окружающей среде / М. З. Згуровский, В. В. Скопецкий, В. К. Хрущ, Н. Н. Беляев. – К.: Наук. думка, 1997. – 368 с.

58. AERMOD: DESCRIPTION of MODEL FORMULATION / Alan J. Cimorelli et al, EPA-454/R-03-004, September, 2004. P.91.

59. Alvarez J.T., Alvarez I.D.& Lougedo S.T. Dust barriers in open pit blasts. Multifase Computational Fluid Dynamics (CFD) simulations // WIT Transactions on Ecology and the Environment, Air Pollution XVI, Vol 116. 2008. P.85-93.

60. Assessment and Modelling of Dust Concentration in Open Cast Coal Mine in India / Tripathy D.P., Dash T.R., Badu A., Kanungo R. // Global Nest Journal, Vol. 17, № 4, pp.825 – 834, 2015

61. Aurizon, 2013, *South West System Coal Dust Management Plan*. Accessed online [August 2014] http://www.aurizon.com.au/Downloads/Coal_Dust_Management_Plan.pdf

62. Belayev N. N. An engineering approach to simulate the 3-d wind flows over buildings / N. N. Belayev, V. K. Khrutch // Proceedings of the Fourth Intern. Colloquium on Bluff Body Aerodynamics & Applications, Ruhr-Universitat. Volume of Abstracts. – Bochum (Germany), Sept. 11–14, 2000, – P. 471–475.

63. Best Practices for Dust Control in Coal Mining / Jay F. Colinet et al, Information Circular / 2010, IC 9517, Department of Health and Human Services, Pittsburgh, PA, Spokane, WA, January 2010.-30P.

64. Biliaiev M. Numerical Simulation of Indoor Air Pollution and Atmosphere Pollution for Regions Having Complex Topography / M. Biliaiev // Air Pollution Modeling and its Application XXI, Springer, 2012. – P. 87–91.

65. Biliaiev M.M. Dust from coal trains: reducing of environmental pollution in work places near railway // М.М. Biliaiev, V.A. Kozachyna, М.О. Oladipo. Науковий вісник будівництва. – №4 – ХНУБА, 2017.

66. Biliaiev M.M. Reducing of environmental pollution during coal transportation // М.М. Biliaiev, V.A. Kozachyna, М.О. Oladipo. Збірник наукових праць НГУ, №52, 2017, С.325 – 329.

67. BNSF Railway Company and United Pacific Railroad Company (UP), 2010, *Summary of BNSF/UP Super Trial 2010*. Online resource, accessed [July 2014] <http://www.bnsf.com/customers/pdf/coal-super-trial.pdf>

68. Calvin, E. and Emmitt G. D. 1996, A Rail Emission Study: Fugitive coal dust Assessment and Mitigation, Simpson Weather Associates, Inc. Accessed online [July 2014] D13066-6 – NSW Environment Protection Authority – Literature Review of Coal Train Dust Management Practices – Final December 2014 Page 84

69. Chatwin P. C. Quantitative Models of Environmental Pollution: a Review / P. C. Chatwin // College on Atmospheric Boundary Layer and Air Pollution Modelling: 16 May–3 June 1994. № SMR / 760–18.

70. Coal dust emissions: From environmental control to risk minimization by underground transport. An applicative case-study *B. Fabiano*, F. Currm, A.P. Reverberi, E. Palazzi)/Process Safety and Environmental Protection, 92 (2014), P.150 -159.*

71. Dukic, M., Planner J. H. Coal Dust Emissions – Reducing Coal Dust Emission from Wagons, Bulk Solids Handling Online article, accessed [July 2014] http://www.bulk-solids-handling.com/safety_environment/emission_control/articles/312716/.

72. Dust Control Hand Book for Industrial Mineral Mining and Processing /Andrew B. Cecala et al, Pittsburg, PA, 2012, DHHS (NIOSH), Publication № 2012 -112. P.186.

73. Emmitt G. D. 2011, Fugitive Coal Dust: An old problem demanding new solutions, Simpson Weather Associates, Inc. Accessed online [July 2014] <http://www.powerpastcoal.org/wp-content/uploads/2011/08/Fugitive-Coal-Dust-An-Old-Problem-Demanding-New-Solutions.pdf>

74. Ferreira AD, Viegas DX, Sousa ACM. . Full-scale measurements for evaluation of coal dust release from train wagons with two different shelter covers. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 91(10), P.1271-1283

75. Ferreira, AD, Vaz P.A.. Wind tunnel study of coal dust release from train wagons// Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 92(2004), P. 565-577

76. Final Report Environmental Evaluation of Fugitive Coal Dust Emissions from Coal Trains Goonyella, Blackwater and Moura Coal Rail Systems Queensland Rail Limited, 31 March, 2008, Reference H327578-N00-EE00.00

77. Final Report on the Independent Review of Rail Coal Dust Emissions Management Practices in the NSW Coal Chain / NSW Chief Scientist & Engineer ,August, 2016. <http://www.chiefscientist.nsw.gov.au/reports/review-of-rail-coal-dust-emissions>

78. Franc de Bree Defuse PM10 Emission Measurements Some Case Studies. http://www.buroblauw.eu/wp-content/uploads/2008/11/debree_nl_abs_diffusive_pm10_em.pdf

79. Gambrel, D. 2013, Coal Dust Control in the Pacific Northwest: Coal Age May 2013 pp22-23, Mining Media International, Denver, Colorado, USA. Accessed online [July 2014] <http://coal.epubxp.com/i/130908/23>

80. Hanna S. Air Quality Modelling over Short Distances / S. Hanna – College on Atmospheric Boundary Layer and Air Pollution Modelling. – 16 May–3 June, 1994. – № SMR/760–2 – P. 712–743.

81. Hanna S. Hybrid Plume Dispersion Model (HPDM) Improvements and Testing / S. Hanna, J. Chang // College on Atmospheric Boundary Layer and Air Pollution Modelling: 16 May–3 June 1994. № SMR/760–4. P. 1491–1508.

82. Initial Report on the Independent Review of Rail Coal Dust Emissions Management Practices in the NSW Coal Chain November 2015).

83. Literature Review of Coal Train Dust Management Practices, NSW Environment Protection Authority, 1 December, 2014. – Milton, Australia. – 112 p.

84. Model Evaluation Report on UDM Version 6.0. Cambridge Research Consultants Ltd., Cambridge CB2 1SJ UK, Ref. No. SMEGIS/00/9/E, 2002. – P. 51.

85. Mrinal K. Ghose Emission factors for quantification of dust in Indian coal mines. Journal of Scientific @ Industrial Research, Vol.63, September 2004, pp. 763 -768.

86. Murakami S. Comparison of “ $k-\epsilon$ ” model, ASM and LES with wind tunnel test for flow field around cub c model / S. Murakami, A. Mochida, H. Yoshihiko // 8th Intern. conf. on Wind Engineering. – Western Ontario. – 1991. – № 12–3.

87. Nozawa K. Large eddy simulation of the flow around a low-rise building immersed in a rough – wall turbulent boundary layer / Kojiro Nozawa, Tetsuro Tamura // Proceedings of 3rd European & African Conference on Wind Engineering. Eindhoven University of Technology. – The Netherlands. – July 2–6, 2001. – P. 185–192.

88. NSW EPA. (2014a). Environment compliance report: Compliance audit of coal train loading and unloading facilities. NSW Environment Protection Authority. Retrieved from <http://www.epa.nsw.gov.au/publications/licensing/140871-comp-audit-coal-train.htm>.

89. Numerical Simulation of Airflow Structure and Dust Emissions behind Porous Fences Used to Shelter Open Storage Piles /Chong –Fang, Lin Pang, Jun-Ji Cao, Ling Mu, Hui- Ling, Bai, Xiao –Feng Liu. Aerosol and Air Quality Research, 14: 1584 -1592, 201.

90. QR Network, 2010, *Coal Dust Management Plan*, Coal Loss Management Project, Version DRAFT V10D, Date: 22nd February 2010.

Accessed online [August, 2014], http://www.aurizon.com.au/InfrastructureProjects/Rail%20Network/Coal_Dust_Management_Plan.pdf

91. Qu Y. Development of building resolving atmospheric CFD code taking into account atmospheric radiation in complex geometric / Y. Qu, M. Millez, L. Musson-Genon, B. Carrissimo //Conference Abstracts of 31st NATO / SPS International Technical Meeting on Air Pollution Modelling and its Application, 27 September–01 October, Torino, Italy, 2010. № P. 1.5.

92. Reed W.R. Significant Dust Dispersion Models for Mining Operations / DHHS (NIOSH) Publication № 2005 – 138, Pittsburgh, PA, 2005, P.24.

93. Reduction of the environmental impact of coal storage piles: a wind tunnel study./ De Faveri, et al, Atmos. Environ. 1990, 244(11), 2787 – 2793.

94. Review of Dust from Coal Trains in Queensland, report to Senate Standing Committee on Community Affairs Inquiry: "The impact on health of air quality in Australia", Queensland Resources Council, March 2013, Prepared by Katestone Environmental Pty Ltd, Australia 4064. www.katestone.com.au.

95. Revision of Emission Factors for AP-42, Section 11.9. Western Surface Coal Mining: Revised Final Report/ EPA Contract 68-D2-0159, MRI Project № 4604 -02, September 1998.-p.350.

96. Robert Kotchenruther. Fugitive Dust from Coal Trains: Factors Effecting Emissions & Estimating PM_{2.5}, EPA Region 10, NW –AIRQUEST, 2013.http://lar.wsu.edu/nw-airquest/docs/201306_meeting/20130606_Kotchenruther_coal_trains.pdf

97. Senate Community Affairs Committee Secretariat, 2013. Impacts on health of air quality in Australia – August 2013, Commonwealth of Australia, Parliament House, Canberra, Accessed online [August 2014] http://www.aph.gov.au/Parliamentary_Business/Committees/Senate/Community_Affairs/Completed_inquiries/2010-13/airquality/report/index

98. Simultaneous CFD evaluation of wind flow and dust emission in open storage piles /I.Diego, A. Pelegry ,S. Torno, J. Torano, M. Menendez // Applied Mathematical Modelling 33 (2009), 3197 – 3207.

99. Storms, B., Salari, K. and Babb, A. 2010, Fuel Savings and Aerodynamic Drag Reduction from Rail Car Covers, US Department of Energy – Office of Heavy Vehicle Technology Accessed online [July 2014] <http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20090026079.pdf>

100. South West System Coal Dust Management Plan, November, 2013, Australia,48P.

101. The Human Health Effects of Rail Transport of Coal Through Multnomah County, Oregon. A Health Analysis and Recommendations for Further Action, February 2013.

Наукове видання

БІЛЯЄВ Микола Миколайович
ОЛАДІПО Мутіу Олатойе
КІРІЧЕНКО Павло Сергійович

**ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА
ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ ВУГІЛЛЯ**

Монографія

Російською мовою

Матеріал друкується в авторській редакції

Підписано до друку 01.06.2018.
Формат 60×84/16. Гарнітура Times. Папір офсетний.
Ум. друк. арк. 5,4. Тираж 300 прим.
Зам. № 64/18

Видавець Р. А. Козлов
вул. Рокоссовського, 5, 3, м. Кривий Ріг, 50027
097-192-20-77
Свідоцтво суб'єкта видавничої діяльності ДК № 4514 від 01.04.2013

Друкарня С. Г. Щербенка «Літерія»
вул. Рокоссовського, 5, 3, м. Кривий Ріг, 50027
097-192-20-77
Свідоцтво суб'єкта видавничої діяльності ДК № 4561 від 13.06.2013

Беляев Николай Николаевич

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой гидравлики и водоснабжения Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта имени академика В.Лазаряна.

Сфера научных интересов:

математическое моделирование в области экологической и промышленной безопасности, защиты окружающей среды, гидроаэродинамики.



Оладипо Мутуи Олатойе

аспирант Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта имени академика В.Лазаряна.

Сфера научных интересов:

Экологическая безопасность, моделирование загрязнения атмосферного воздуха, защита окружающей среды от загрязнения.

Кириченко Павел Сергеевич

кандидат технических наук, доцент кафедры теплогазоснабжения, водоснабжения и вентиляции Криворожского национального университета.

Сфера научных интересов:

математическое моделирование процессов загрязнения окружающей среды, защита окружающей среды от загрязнения.



ISBN 978-604-7643-10-3



9 786177 643103