

**Научная статья****УДК 622.411.522****DOI: 10.26730/1999-4125-2025-6-94-103**

## **ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕННОГО ПЫЛЕВЫДЕЛЕНИЯ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВАНИИ УГЛЯ ПО ГОРНЫМ ВЫРАБОТКАМ ШАХТЫ**

**Родин Роман Иванович<sup>1,2</sup>, Плаксин Максим Сергеевич<sup>1,2</sup>,  
Букреев Данил Дмитриевич<sup>2</sup>, Шнайдер Матвей Евгеньевич<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Институт угля ФИЦ УУХ СО РАН

<sup>2</sup> Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева

\* для корреспонденции: rodinri@mail.ru

**Аннотация.**

Статья посвящена проблеме интенсивного пылевыделения угля при его транспортировании в шахте, которая при несоблюдении мер по пылеподавлению способствует повышению уровня взрывоопасности горных выработок. В случае возникновения газодинамического явления, приведшего к аварии с последующим взрывом пылегазовой смеси, отложения взрывоопасной угольной пыли после прохождения фронта ударной волны взметаются в рудничной атмосфере горных выработок и способствуют развитию силы взрыва по мере продвижения фронта пламени. В рамках концепции «Чистая шахта» поставлена задача проведения исследования пылевыделения и взрывоопасности угольной пыли, а также планируется разработка технических средств, действие которых направлено на значительное снижение объемов отложений угольной пыли по сети магистральных горных выработок за счет выполнения капитальной «очистки» воздуха рудничной атмосферы в непосредственной близости от источников повышенного пылевыделения (места разрушения горной массы и транспортировочных перегрузок с ленты на ленту) по ходу движения воздушной струи. В статье анализируются фактические данные пылевыделения при транспортировании угля по горным выработкам различных шахт Кузбасса. Анализ фактических данных пылевыделения указал на формирование большого количества отложений угольной пыли в горных выработках, которое в силу физико-химических свойств добываемого угля и недостаточности эффективности мер пылеподавления и применяемых технических средств может создавать угрозу для безопасного ведения горных работ. Предлагается разработка адаптированного под условия шахты технического средства для борьбы с пылевыделением в местах перегрузки угля с конвейерной ленты на ленту с учетом опыта обогатительных фабрик в применении пылеулавливающих аппаратов.

**Информация о статье**

Поступила:

24 июня 2025 г.

Одобрена после

рецензирования:

15 ноября 2025 г.

Принята к публикации:

02 декабря 2025 г.

Опубликована:

22 декабря 2025 г.

**Ключевые слова:**

пылевыделение угля,  
взрывоопасность угольной  
пыли, запыленность  
атмосферы,  
пылеулавливающие аппараты,  
транспортирование и  
перегрузка угля в шахтных  
условиях

**Для цитирования:** Родин Р.И., Плаксин М.С., Букреев Д.Д., Шнайдер М.Е. Подход к решению проблемы повышенного пылевыделения при транспортировании угля по горным выработкам шахты // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2025. № 6 (172). С. 94-103. DOI: 10.26730/1999-4125-2025-6-94-103, EDN: FCIZKI

Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук» проект FWEZ-2024-0013 «Создание многофункциональных систем мониторинга и прогноза газодинамических явлений, контроля напряженного состояния, разработка методов их предотвращения и оценки эффективности при подземной разработке угольных месторождений. 2024-2025 гг.» (рег. № 124041100071-9).

## Введение

Повышенное пылевыделение при выполнении технологических операций и, как следствие, высокая запыленность атмосферы характерны для различных видов промышленного производства. Данная проблема свойственна для проведения строительных работ [1], функционирования ресурсодобывающих компаний [2-4], а также коксохимических [5] и горно-обогатительных [6, 7] производств. Особенно остро проблема повышенного пылевыделения и отложения угольной пыли стоит в угледобывающей промышленности [8, 9]. Это обусловлено вредными и опасными свойствами [10] угольной пыли.

Анализ зарубежной литературы в сфере промышленной безопасности [11-13] также указывает на высокое внимание к данной проблеме во всем мире. В работах иностранных коллег представлены разработки систем определения запыленности воздуха в шахтах с внедрением искусственного интеллекта [14-16]. При этом как за рубежом, так и в России накоплен большой опыт в разработке мер по борьбе с пылевыделением, а также средств пылеулавливания и пылеподавления, однако указанная выше проблема не теряет своей актуальности.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью разработки новых подходов к снижению пылевыделения в условиях горных работ, что особенно важно для обеспечения

безопасных условий труда и экологической безопасности. В рамках концепции «Чистая шахта» [17] актуальной задачей является создание систем, позволяющих эффективнее очищать воздух в непосредственной близости от мест интенсивного образования пыли – таких как зоны разрушения горной массы и транспортировочные перегрузки. Данный подход предполагает не только совершенствование существующих технологий, но и внедрение новых методов мониторинга и управления запыленностью, что может существенно повысить эффективность мероприятий по борьбе с пылевыделением.

Цель данной статьи – выявить и предложить новые технические и организационные решения для снижения объемов угольной пыли в горных выработках, а также разработать методы контроля и оптимизации процессов очистки воздуха в наиболее опасных зонах добычи. Исследование направлено на углубление существующих научных представлений о механизмах образования и распространения пыли, а также на внедрение инновационных подходов, способных обеспечить более эффективную защиту работников и окружающей среды. Таким образом, представленная работа дополняет современные исследования в области промышленной безопасности и экологического мониторинга, предлагая новые пути решения актуальных задач угледобывающей отрасли.

## Свойства угольной пыли и нормы

Таблица 1. Изменение нижнего предела взрывоопасной концентрации от содержания метана в атмосфере горной выработки

Table 1. Change in the lower limit of explosive concentration from the methane content in the mining atmosphere

Содержание метана в воздухе, %	0,5	1	1,5	2	2,5	3
Нижний предел взрывоопасной концентрации, г/м <sup>3</sup>	30	20	15	10	8	5

Таблица 2. Характеристика отрабатываемых угольных пластов и изменение значений пылевыделения  
Table 2. Characteristics of mined coal seams and changes in dust emission values

Параметры	Шахта 1	Шахта 2	Шахта 3
Марка угля	Д	Д	ДГ
Влажность угля, %	3,8	3,8	5,9
Зольность угля, %	5,4	5,4	6,3
Выход летучих веществ, %	41,8	42,3	41,7
Очистной забой			
Расход воздуха, м <sup>3</sup> /мин	2000		
Транспортирование угля			
Масса пыли, кг/сут	от 40 до 142	до 263	от 15 до 35
Проходческий забой			
Расход воздуха, м <sup>3</sup> /мин	700		
Транспортирование угля			
Масса пыли, кг/сут	от 14 до 50	до 91	от 5 до 13
Магистральные горные выработки			
Транспортирование угля			
Расход воздуха, м <sup>3</sup> /мин	3000		
Масса пыли, кг/сут	от 22 до 173		

### **запыленности**

Согласно п. 170 Правил безопасности в угольных шахтах (Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 08.12.2020 № 507 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах»), в каждой шахте необходимо осуществлять мероприятия по обеспыливанию рудничной атмосферы и уборке пыли в горных выработках. Указанное требование обусловлено опасными и вредными факторами угольной пыли. К опасному фактору относится свойство угольной пыли взрываться при ее концентрациях в воздухе от 10 до 3000 г/м<sup>3</sup> при наличии источника воспламенения. Наличие метана в рудничной атмосфере снижает данный порог предела взрывоопасности (Таблица 1). При этом значение нижнего предела взрываемости на три порядка выше значения предельно допустимой концентрации (ПДК) пыли в воздухе рабочей зоны (гигиеническая норма). ПДК характеризует массовую долю выдыхаемой пыли, которая не наносит вреда здоровью на протяжении всего трудового стажа работника. Для угольной пыли с содержанием свободного диоксида кремния менее 5% ПДК составляет 10 мг/м<sup>3</sup> (для антрацитов – 6 мг/м<sup>3</sup>). В реальности же содержание концентрации пыли значительно выше уровня ПДК, особенно в период активного ведения горных работ по добыче угля в очистных забоях выемочного участка и подвигания забоя подготовительных выработок. Для угольных шахт минимальная запыленность рудничной атмосферы должна соответствовать технически достижимому уровню (ТДУ) запыленности рудничной атмосферы, которая в свою очередь обеспечивается применяемыми мерами, способами и средствами по борьбе с пылью. При прохождении исходящих из подготовительных и очистных забоев вентиляционных струй через обеспыливающие завесы концентрация пыли в рудничной атмосфере не должна быть выше 150 мг/м<sup>3</sup>.

Непосредственная опасность при ведении горных работ заключается также и в скоплении угольной пыли на поверхностях горных выработок шахтной вентиляционной сети. В течение нескольких часов, а иногда и минут работы высокопроизводительной горной техники в призабойной зоне очистных и проходческих выработок могут образовываться опасные скопления отложившейся угольной пыли по направлению исходящей вентиляционной струи.

К главным факторам, определяющим взрывчатые свойства угольной пыли, относят: дисперсный состав, выход летучих веществ, содержание золы и влаги [18].

Угольная пыль с содержанием летучих веществ 17-32% является наиболее взрывоопасной. При увеличении в угле содержания золы и влажности взрывчатые свойства пыли снижаются.

В взрыве угольной пыли участвуют частицы от мельчайших диаметров 0,001-0,1 мкм до 75-1000 мкм [19]. Уровень взрывчатости угольной пыли неуклонно возрастает с ростом значений ее удельной поверхности и степени дисперсности. Частицы пыли размером менее 75 мкм являются основными носителями ее взрывчатых свойств. Интересен тот факт, что согласно международному стандарту ISO 422:1994 именно частицы твердого тела диаметром ниже 75 мкм, которые осаждаются под собственным весом, но остаются взвешенными некоторое время, и определяют понятие «пыль». Максимальная взрывчатость угольной пыли проявляется при диаметре частиц менее 10 мкм. Таким образом, по мере удаления от источника образования пыль становится более взрывоопасной, поскольку возрастает степень ее дисперсности [20].

### **Анализ фактических данных запыленности рудничной атмосферы при транспортировании угля по горным выработкам**

Анализ данных журнала учета запыленности по трем шахтам Кузбасса позволил на базе измерений среднесменной концентрации (ССК) пыли оценить суточные значения пылевыделения при транспортировании угля по очистным и проходческим выработкам (Таблица 2). Среднесменную концентрацию определяют по результатам непрерывного или дискретного отбора проб воздуха в зоне дыхания работников или в рабочей зоне, позволяющего характеризовать содержание пыли в течение времени, составляющего не менее 75% продолжительности рабочей смены, включая основные и вспомогательные технологические операции, а также перерывы в работе с учетом их длительности в течение смены (ГОСТ Р 54578-2011. «Воздух рабочей зоны. Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия. Общие принципы гигиенического контроля и оценки воздействия»).

Контроль запыленности проводят в 10-15 м от пункта перегрузки угля с конвейера на конвейер по направлению движения воздуха.

В случае с применением противопылевых мер (окожушивание) в процессе транспортирования угля установлены большие значения суточного пылевыделения для шахты 2, что указывает на наличие участков по пути следования угля с низкой эффективностью противопылевых мер. В первую очередь это проявляется в местах пересыпки угля. Как показывает практика, в зависимости от масштабов шахты мест

пересыпки угля по пути его следования от очистного забоя до поверхности насчитывается 3-4 десятка. Соответственно, количество зон интенсивного пылевыделения в процессе транспортировки и перегрузки угля с ленты на ленту может достигать до 30-40 единиц.

#### **Современная практика пылеподавления на погрузочных и перегрузочных пунктах при транспортировании угля по горным выработкам шахт**

1. В соответствии с п. 706 Инструкции по аэробиологической безопасности угольных шахт (Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 08.12.2020 № 506 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Инструкция по аэробиологической безопасности угольных шахт»), пылеподавление на погрузочных и перегрузочных пунктах и при транспортировании угля проводится:

- на передвижных и полустационарных погрузочных пунктах;
- на пунктах погрузки и перегрузки горной массы на конвейерах;
- у опрокидывателей и стационарных погрузочных пунктов.

На погрузочных пунктах и в местах пересыпки на ленточных конвейерах должно применяться автоматическое орошение перегружаемой горной массы. Оросители необходимо устанавливать таким образом, чтобы распыляемая вода полностью перекрывала очаг

пылевыделения.

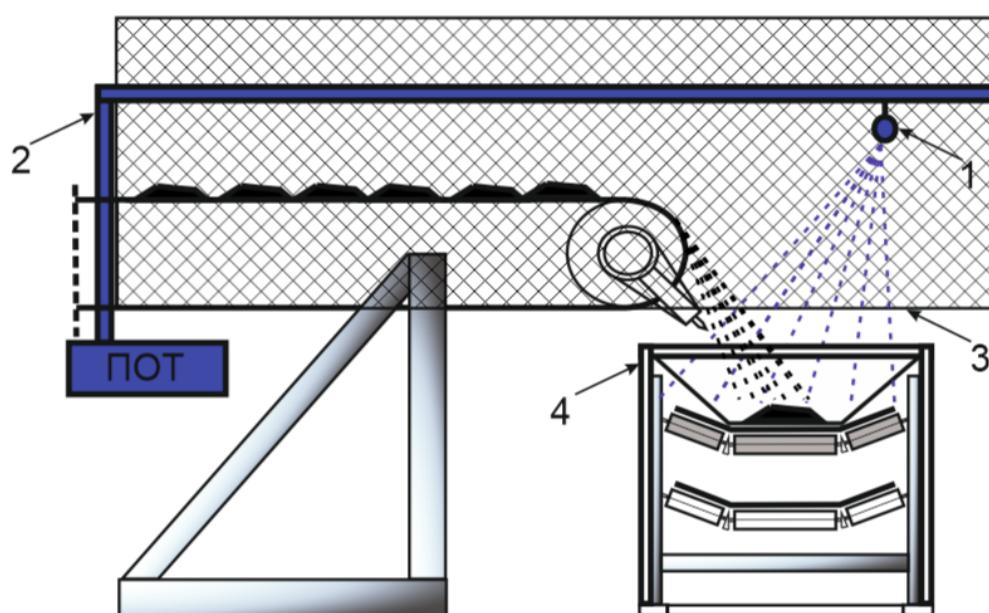
Для предотвращения выдувания пыли в пунктах погрузки и перегрузки горной массы на конвейерах должны быть установлены устройства пылеподавления, устройства для очистки от пыли и штыба холостой ветви конвейера, а также укрытия и ограждающие борта на участке длиной не менее 5 м.

Подачу воды для орошения на ленточных конвейерах следует производить непосредственно от пожарно-оросительного трубопровода (ПОТ). При этом необходимо предусматривать автоматическое включение орошения.

Промышленный опыт угольных предприятий Кузбасса указывает, что пылеподавление в местах пересыпа горной массы в основном осуществляется путем окожушивания пересыпей мешковиной (кроме лавного конвейера) и их орошения с помощью водяных завес, представленных системами пылеподавления СПП-1М, подключенных к источникам подачи воды (Рис. 1).

Завесы устанавливаются над местом пересыпа горной массы таким образом, чтобы общий факел распыляемой воды полностью перекрывал очаг пылевыделения. Давление воды у оросителей должно быть не менее 0,5 МПа, а удельный расход воды на орошение должен быть 5 л на 1 тонну проходящего грузопотока.

Наряду с системами пылеподавления СПП-1М, в качестве средства обессыпивания воздуха в пунктах погрузки и перегрузки горной массы



*Rис. 1. Типовая схема окожушивания и орошения мест перегрузки угля:*  
1 – форсунка для орошения; 2 – рукав высокого давления; 3 – окожушивание (мешковина); 4 – ограждающие борта

*Fig. 1. Typical scheme of shrouding and irrigation of coal transshipment sites:*  
1 – irrigation nozzle; 2 – high-pressure hose; 3 – shrouding (burlap);  
4 – bulk shipments on belt conveyors

из очистных забоев на шахте могут использоваться водяные завесы, состоящие из конусных форсунок типа КФ (конусных оросителей типа ОК, зонтичных форсунок типа ЗФ), гидрореактивные пылеподавители ПГР-30, туманообразующие завесы типа ФСТ-90 либо другие аналогичные системы пылеподавления, имеющие соответствующую разрешительную документацию.

Направление распыления воды форсунками необходимо производить в зону образования пыли. Смачивается пыль, а не уголь, транспортируемый на ленте. Торцы окожушивания закрываются транспортерной лентой (полосы по 100 мм) для уменьшения скорости воздушного потока. Орошение включается в момент поступления горной массы на пересыпь.

Окожшивание – это процесс установки каркаса из проходческой решетчатой затяжки, обтянутой двойным слоем мешковины. Смена

ткани происходит по мере ее износа и появления дыр.

Контроль за исправностью пылеподавления выполняется со стороны горного мастера ежесменно, а со стороны машиниста подземных установок – постоянно.

Проверка работоспособности форсунок осуществляется ежесменно дежурным электрослесарем.

Анализ фактических данных пылевыделения, приведенных в Таблице 2, указывает на то, что применяемых мер пылеподавления при транспортировании угля по горным выработкам недостаточно. Авторами статьи представляется, что проблема низкой эффективности противопылевых мер лежит как в области недостаточного соблюдения норм и правил безопасного ведения горных работ, так и в недостаточном техническом оснащении шахт. В данной работе предлагается перенять опыт противопылевых мер, применяемых на



*Рис. 2. Общий вид ПР-ТАЙРА-5000  
Fig. 2. General view of PR-TYRA-5000*

Таблица 3. Технические характеристики пылеулавливающего аппарата ПР-ТАЙРА-5000

Table 3. Technical characteristics of the dust collecting apparatus PR-TYRA-5000

Параметр	Значение
Производительность по воздуху	$4750 \pm 250 \text{ м}^3/\text{час}$
Расход воды через аппарат	0,28–0,4 л/сек
Давление холодной воды	не менее 5 и не более 60 м вод. ст.
Качество подаваемой воды	допускается наличие взвешенных частиц до 1000 мг/л;
Допустимая концентрация пыли на входе в аппарат	до 30 г/м <sup>3</sup>
Степень очистки газа	зависит от вида и размера частиц пыли, ее концентрации на входе и может достигать 99% и более
Относительная влажность воздуха на выходе	до 100%, с возможным присутствием небольшого количества водяного аэрозоля
Мощность двигателя во взрывозащищенном исполнении	4 кВт на 3000 об/мин или 5,5 кВт на 1500 об/мин
Масса аппарата (сухого)	250–285 кг (в зависимости от двигателя)
Масса воды	25–30 кг

обогатительных фабриках.

#### Предлагаемый подход для снижения пылевыделения в местах перегрузки при транспортировании угля

В частности, речь идет о модернизации пылеулавливающего аппарата ПР-ТАЙРА-5000. Общий вид ПР-ТАЙРА-5000 представлен на Рис. 2. Аппарат позволяет производить очистку воздуха от пыли у мест ее выделения и осуществлять рециркуляцию воздуха. Аппарат выполняется из углеродистой стали. Он предназначен для «мокрой» очистки воздуха от угольной пыли в местах перегрузки и пересыпки угля на обогатительных фабриках, а также возможно его применение для локального обеспыливания другого оборудования с узлами, где интенсивно выделяется пыль (пересыпка, перегрузка, дробление, сортировка и т. д.). Его технические характеристики представлены в Таблице 3.

Предполагается, что адаптированные под условия шахты пылеулавливающие аппараты «мокрого» типа со специальным кожухом, способствующим повышению всасывающего эффекта запыленного воздуха, будут устанавливаться в местах перегрузки угля и позволят значительно снизить запыленность

атмосферы горных выработок, а также уменьшить объем отложений взрывоопасной угольной пыли по длине выработок с исходящей вентиляционной струей. Схема установки пылеулавливающего аппарата представлена на Рис. 3. Конструкция пылеулавливающего аппарата должна обеспечивать возможность оперативной установки и снятия в местах его применения, а также максимально простого обслуживания в подземных условиях.

В результате проведенного исследования установлено, что высокая запыленность при осуществлении технологических операций в угледобывающей промышленности, особенно в условиях транспортировки и пересыпки угля, представляет значительную угрозу для безопасности труда и экологической обстановки. Анализ данных фактических измерений показал низкую эффективность применяемых мер пылеподавления, что обуславливает необходимость их дальнейшего совершенствования и внедрения инновационных решений.

#### Выводы:

Показано, что современные системы пылеподавления, такие как автоматические

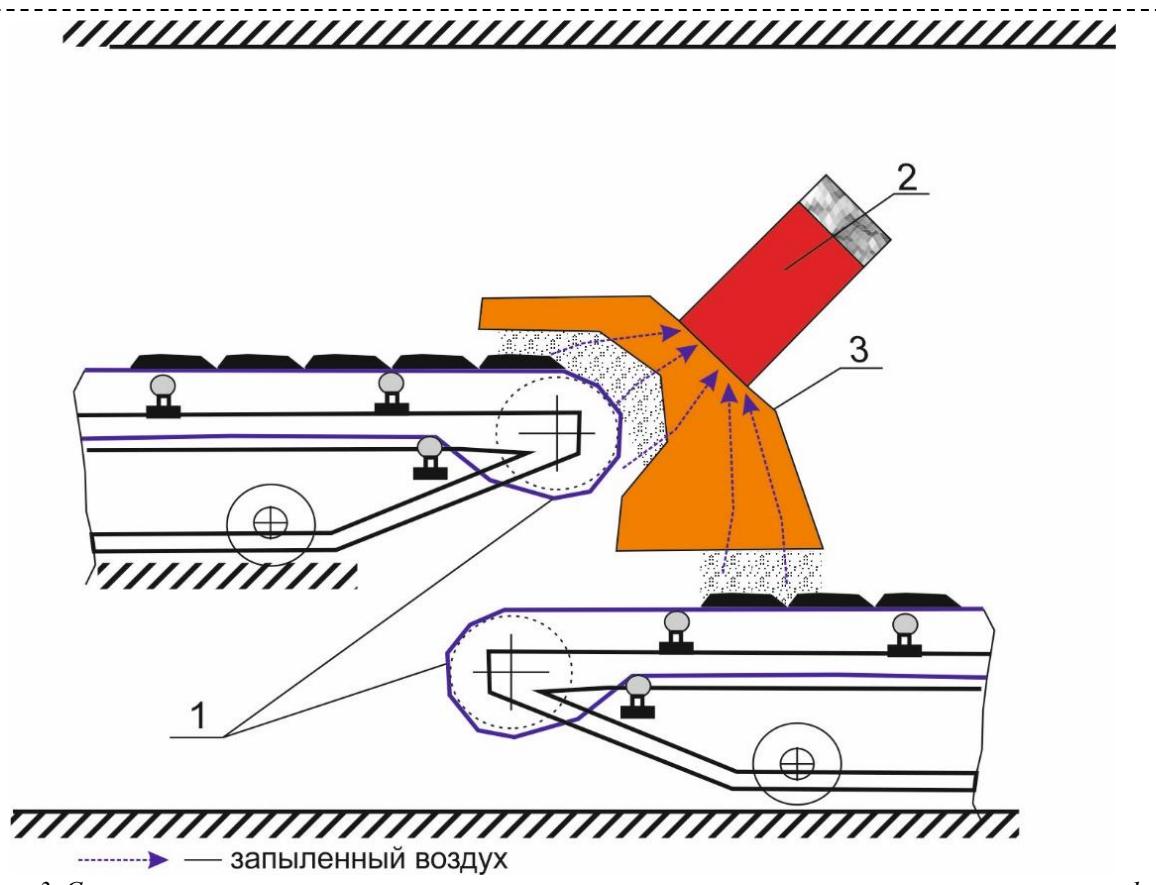


Рис. 3. Схема применения пылеулавливающего аппарата «мокрого» типа в местах перегрузки угля: 1 – конвейер; 2 – пылеулавливающий аппарат; 3 – кожух

Fig. 3. Scheme of application of a "wet" type dust collecting device in places of coal transshipment: 1 – conveyor; 2 – dust collecting device; 3 – casing

орошения и водяные завесы, требуют повышения их технического уровня и строгого контроля за исправностью. Предложенная модернизация пылеулавливающего аппарата ПР-ТАЙРА-5000 способствует эффективной очистке воздуха от пыли в местах ее интенсивного образования, что значительно снижает объем отложений взрывоопасной угольной пыли и уменьшает риск взрывных ситуаций. Внедрение таких аппаратов, а также соблюдение существующих нормативных требований позволит повысить безопасность и экологическую безопасность горных работ.

Практическая значимость работы заключается в разработке и предложении конкретных технических решений, способных повысить эффективность мероприятий по борьбе с пылевыделением в угледобыче. Рекомендуется дальнейшее проведение исследований по оптимизации систем обеспыливания, их интеграции в автоматизированные системы мониторинга запыленности и расширению опыта внедрения в различных условиях работы шахт.

В перспективных направлениях дальнейших исследований предполагается изучение новых материалов и технологий для повышения эффективности пылеуловителей, а также разработка систем автоматического управления и мониторинга запыленности в реальном времени. Внедрение предлагаемых решений и их дальнейшее совершенствование позволит обеспечить более безопасные условия труда, снизить экологические риски и повысить общую эффективность угледобывающих предприятий.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сазонова С. А., Николенко С. Д., Асминин В. Ф. Охрана труда на производственном объекте в строительстве с повышенным пылевыделением // Техносферная безопасность: научные тенденции, методы, средства обеспечения и специальное образование : материалы Всероссийской научно-практической конференции, Воронеж, 06–08 июня 2022 года. Воронеж : Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2022. С. 51–56. DOI: 10.34220/TSSTMMSE\_51-56. EDN AIMLDY.
2. Стась Г. В., Бородкина Н. Н., Беляев В. В., Мельник В. В. Экспериментальные исследования пылевыделений с поверхности техногенных минеральных образований // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2024. № 4. С. 586–597. EDN ZWURHH.
3. Курмазова Н. А. Расчет интенсивности пылевыделения на угольном складе разреза «Восточный» Забайкальского края // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2015. № 6. С. 413–417. EDN UOJAFL.
4. Подображин С. Н. Научное обоснование и разработка методологии снижения пылевыделения при добыче угля: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. 2013. 355 с. EDN DTMATR.
5. Михайлов В. Г., Малюгин А. Н., Михайлов Г. С., Вильгельм К. Ю. Пути снижения пылевыделения при пневмотранспорте и погрузке коксовой пыли на коксохимическом производстве // Проблемы экономики и управления: социокультурные, Правовые и организационные аспекты: Сборник статей магистрантов и преподавателей КузГТУ. Кемерово : Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2021. С. 308–313. EDN IAOOMB.
6. Гурин А. А., Мулявко В. И., Ляшенко В. И. Совершенствование технологий пылеулавливания на горно-обогатительных предприятиях // Известия высших учебных заведений. Цветная металлургия. 2014. № 5. С. 54–63. EDN SQJAFB.
7. Пернебек Б. П., Рассолова М. А., Серянина А. В. К вопросу обеспыливания воздуха при погрузке и транспортировании угля // Уголь. 2024. № 5(1180). С. 107–110. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-5-107-110. EDN TYQOAU.
8. Подображин С. Н. Методы снижения выделений пыли и газа при добыче угля. М. : Изд. Дом НИТУ «МИСиС», 2020. 354 с.
9. Кобылкин С. С., Тимченко А. Н. Классификация систем снижения уровня запыленности рудничной атмосферы тупиковых горных выработок // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2021. № 10–1. С. 112–123. DOI: 10.25018/0236\_1493\_2021\_101\_0\_112. EDN SWRUPO.
10. Сазонов М. С., Голосков С. И. Исследование взрывчатости угольной пыли различного дисперсного состава // Вестник Научного центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности. 2019. № 1. С. 5–13. DOI: 10.25558/VOSTNII.2019.89.87.001. EDN YZYSAP.
11. Du Sh., Chen H., Ding X. Development of Dust Emission Prediction Model for Open-Pit Mines Based on SHPB Experiment and Image Recognition Method // Atmosphere. 2024. Vol. 15. № 9. P. 1118. DOI: 10.3390/atmos15091118. EDN HRECZC.
12. Organiscak J. A., Page S. J. Airborne Dust Liberation During Coal Crushing // Coal Preparation, 2000. T. 21. № 5–6. C. 423–453. DOI: 10.1080/07349340108945630
13. Wang N., Nie W., Cheng W., Liu Y., Zhu L., Zhang L. Experiment and research of chemical dedusting agent with spraying dust-settling // Procedia Engineering, Elsevier B.V., 2014. T. 84. C. 764–769.
14. Yin J., Lei J., Fan K., Wang Sh. Integrating image processing and deep learning for effective analysis and classification of dust pollution in mining processes // International Journal of Coal Science and Technology. 2023. Vol. 10. № 1. P. 84. DOI: 10.1007/s40789-023-00653-x. EDN LRQJBG.
15. Luan B., Zhou W., Jiskani I. M., Wang Zh. An Improved Machine Learning Approach for Optimizing Dust Concentration Estimation in Open-Pit Mines // International Journal of Environmental Research and

Public Health. 2023. Vol. 20. № 2. Р. 1353.  
DOI: 10.3390/ijerph20021353. EDN JPRPFJ.

16. Li L., Zhang R., Sun J. Monitoring and prediction of dust concentration in an open-pit mine using a deep-learning algorithm // Journal of Environmental Health Science and Engineering. 2021. Vol. 19. № 1. Pp. 401–414. DOI 10.1007/s40201-021-00613-0. EDN LPWHUV.

17. Шнайдер М. Е. Оценка процесса пылевыделения при транспортировании угля по горным выработкам шахты для реализации проекта «чистая шахта» // Россия молодая: сборник материалов XVII всероссийской, научно-практической конференции молодых ученых с международным участием, Кемерово, 22–25 апреля 2025 года. Кемерово : Кузбасский государственный

технический университет имени Т. Ф. Горбачева, 2025. EDN JRVPQT. С. 10124.1–10124.5.

18. Трубицына Д. А., Хлудов Д. С. Исследование дисперсного состава отложившейся пыли углей различной стадии метаморфизма // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2014. № 1. С. 13–23. EDN SFMMVB.

19. Айруни А. Т., Клебанов Ф. С., Смирнов О. В. Взрывоопасность угольных шахт // М. : Горное дело, 2011. 264 с.

20. Петрухин П. М., Гродель Г. С., Жилиев Н. И. Борьба с угольной и породной пылью в шахтах // 2-е изд., перераб. и доп. М. : Недра, 1981. 271 с.

© 2025 Авторы. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Об авторах:

**Родин Роман Иванович**, научный сотрудник, преподаватель, Институт угля ФИЦ УУХ СО РАН, 650065, Россия, г. Кемерово, проспект Ленинградский, 10, Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28, e-mail: rodinri@mail.ru

**Плаксин Максим Сергеевич**, к.т.н., старший научный сотрудник, доцент, Институт угля ФИЦ УУХ СО РАН, 650065, Россия, г. Кемерово, проспект Ленинградский, 10, Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28, e-mail: plaksin@bk.ru

**Букреев Данил Дмитриевич**, студент, Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28, e-mail: danil.bukreev.43@gmail.com

**Шнайдер Матвей Евгеньевич**, студент, Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28, e-mail: matvejsnajder4@gmail.com

#### Заявленный вклад авторов:

Плаксин Максим Сергеевич – постановка исследовательской задачи, научный менеджмент, написание текста.  
Родин Роман Иванович – обзор соответствующей литературы, концептуализация исследования, написание текста.

Букреев Данил Дмитриевич – сбор и анализ данных, обзор соответствующей литературы, выводы, написание текста.

Шнайдер Матвей Евгеньевич – сбор и анализ данных, обзор соответствующей литературы, выводы, написание текста.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

#### Original article

## AN APPROACH TO SOLVING THE PROBLEM OF INCREASED DUST GENERATION DURING COAL TRANSPORTATION THROUGH MINE WORKINGS

Roman I. Rodin<sup>1,2</sup>, Maxim S. Plaksin<sup>1,2</sup>,  
Danil D. Bukreev<sup>2</sup>, Matvey E. Schneider<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institute of Coal FRC CCC SB RAS

<sup>2</sup> T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

\* for correspondence: rodinri@mail.ru



#### Abstract.

The article is devoted to the problem of intensive dust release of coal during its transportation in a mine, which, if dust suppression measures are not

**Article info**

*Received:*  
24 June 2025

*Accepted for publication:*  
15 November 2025

*Accepted:*  
02 December 2025

*Published:*  
22 December 2025

**Keywords:** coal dust release, explosion hazard of coal dust, dustiness of the atmosphere, dust collecting devices, transportation and transshipment of coal in mine conditions.

followed, increases the explosion hazard of mine workings. In the event of a gas dynamic phenomenon that led to an accident followed by an explosion of a dust and gas mixture, deposits of explosive coal dust after passing through the shock wave front are blown up in the mine atmosphere of the mine workings and contribute to the development of the explosion force as the flame front advances. Within the framework of the "Clean Mine" concept, the task has been set to conduct a study of the dust release and explosion hazard of coal dust, and it is also planned to develop technical means aimed at significantly reducing the volume of coal dust deposits through the network of main mine workings by performing a major "purification" of the air of the mine atmosphere in the immediate vicinity of sources of increased dust release (places of destruction of mining mass and transportation overloads from belt to belt) in the course of the movement of the air jet. The article analyzes the actual data of dust emission during the transportation of coal through the mining workings of various mines in Kuzbass. An analysis of the actual dust emission data indicated the formation of a large amount of coal dust deposits in the mine workings, which, due to the physico-chemical properties of the extracted coal and the lack of effectiveness of dust suppression measures and the technical means used, may pose a threat to the safe conduct of mining operations. It is proposed to develop a technical means adapted to mine conditions to control dust release in places where coal is reloaded from a conveyor belt to a belt, taking into account the experience of processing plants in using dust collecting devices.

**For citation:** Rodin R.I., Plaksin M.S., Bukreev D.D., Schneider M.E. An approach to solving the problem of increased dust generation during coal transportation through mine workings. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*=Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2025; 6(172):94-103. (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1999-4125-2025-6-94-103, EDN: FCIZKI

**REFERENCES**

1. Sazonova S.A., Nikolenko S.D. Asminin V.F. Labor protection at an industrial facility in construction with increased dust emission. *Technosphere safety: scientific trends, methods, means of ensuring and special education: materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference*. Voronezh, June 06-08, 2022. Voronezh: Voronezh State Forestry Engineering University named after G.F. Morozov № 2022. Pp. 51–56. DOI: 10.34220/TSSTMMSE\_51-56. EDN AIMLDY.
2. Stas G.V., Borodkina N.N., Belyaev V.V., Melnik V.V. Experimental studies of dust emissions from the surface of technogenic mineral formations. *Proceedings of Tula State University. Earth Sciences*. 2024; 4:586–597. EDN ZWURHH.
3. Kurmazova N.A. Calculation of dust emission intensity at the Vostochny coal mine in the Trans-Baikal Territory. *Mining Information and Analytical Bulletin (scientific and technical journal)*. 2015; 6:413–417. EDN UOJAFL.
4. Podobrazhin S.N. Scientific substantiation and development of a methodology for reducing dust emission during coal mining: dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences / Podobrazhin Sergey Nikolaevich, 2013. 355 p. EDN DTMATR.
5. Mikhailov V.G., Mikhailov G.S., Wilhelm K.Y., Malyugin A.N. Ways to reduce dust emission during pneumatic transportation and loading of coke dust in coke chemical production. *Problems of economics and management: socio-cultural, Legal and organizational aspects: Collection of articles by undergraduates and teachers of KuzSTU*. Kemerovo: Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev; 2021. Pp. 308–313. EDN IAOOMB.
6. Gurin A.A., Mulyavko V.I., Lyashenko V.I. Improvement of dust collection technologies at mining and processing enterprises. *News of higher educational institutions. Non-ferrous metallurgy*. 2014; 5:54–63. EDN SQJAFB.
7. Pernebek B.P., Rassolova M.A., Seryanina A.V. On the issue of air dedusting during coal loading and transportation. *Coal*. 2024; 5(1180):107–110. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-5-107-110. EDN TYQOAU.
8. Podobrazhin S.N. Methods of reducing dust and gas emissions during coal mining. Moscow: Ed. NUST MISIS House; 2020, 354 p.
9. Kobylkin S.S., Timchenko A.N. Classification of dust reduction systems in the mine atmosphere of dead-end mine workings. *Mining Information and Analytical Bulletin (scientific and technical journal)*. 2021; 10-1:112–123. DOI: 10.25018/0236\_1493\_2021\_101\_0\_112. EDN SWRUPO.
10. Sazonov M.S., Goloskokov S.I. Investigation of the explosivity of coal dust of various dispersed compositions. *Bulletin of the Scientific Center of VostNI for Industrial and Environmental Safety*. 2019; 1:5–13. DOI: 10.25558/VOSTNII.2019.89.87.001. EDN YZYSAP.
11. Du Sh., Chen H., Ding X. [et al.] Development of Dust Emission Prediction Model for Open-Pit Mines Based on SHPB Experiment and Image Recognition Method. *Atmosphere*. 2024; 15(9):1118. DOI: 10.3390/atmos15091118. EDN HRECZC.
12. Organiscak J.A., Page S.J. Airborne Dust Liberation During Coal Crushing // Coal Preparation, 2000; 21(5-6):423–453. DOI: 10.1080/07349340108945630.

13. Wang N., Nie W., Cheng W., Liu Y., Zhu L., Zhang L. Experiment and research of chemical dedusting agent with spraying dust-settling. *Procedia Engineering*, Elsevier B.V., 2014. T. 84. Pp. 764–769.
14. Yin J., Lei J., Fan K., Wang Sh. Integrating image processing and deep learning for effective analysis and classification of dust pollution in mining processes. *International Journal of Coal Science and Technology*. 2023; 10(1):84. DOI: 10.1007/s40789-023-00653-x. EDN LRQJBG.
15. Luan B., Zhou W., Jiskani I.M., Wang Zh. An Improved Machine Learning Approach for Optimizing Dust Concentration Estimation in Open-Pit Mines. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2023; 20(2):1353. DOI: 10.3390/ijerph20021353. EDN JPRPFJ.
16. Li L., Zhang R., Sun J. [et al.] Monitoring and prediction of dust concentration in an open-pit mine using a deep-learning algorithm. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*. 2021; 19(1):401–414. DOI: 10.1007/s40201-021-00613-0. EDN LPWHUV.
17. Schneider M.E. Evaluation of the dust extraction process during coal transportation through the mine workings for the implementation of the Clean mine project. *Young Russia: collection of materials of the XVII All-Russian scientific and practical conference of young scientists with international participation*. Kemerovo, April 22-25, 2025. Kemerovo: Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev; 2025. EDN JRVPQT. Pp.10124.1–10124.5.
18. Trubitsyna D.A., Khludov D.S. Investigation of the dispersed composition of deposited coal dust of various stages of metamorphism. *Bulletin of the Scientific Center for Safety of Work in the Coal industry*. 2014; 1:13–23. EDN SFMMVB.
19. Ayruni A.T., Klebanov F.S., Smirnov O.V. Explosivity of coal mines. M.: Mining; 2011. 264 p.
20. Petrukhin P.M., Grodel G.S., Zhilyaev N.I. Control of coal and rock dust in mines. 2- 2nd ed., revised and add. M.: Nedra; 1981. 271 p.

© 2025 The Authors. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

The authors declare no conflict of interest.

#### About the authors:

**Roman I. Rodin**, research collaborator, teacher, Institute of Coal FRC CCC SB RAS, 650065, Russia, Kemerovo, Leningradsky Avenue, 10, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28 street Vesennaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: rodinri@mail.ru

**Maxim S. Plaksin**, PhD, Senior researcher, Associate professor, Institute of Coal FRC CCC SB RAS, 650065, Russia, Kemerovo, Leningradsky Avenue, 10, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28 street Vesennaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: plaksin@bk.ru

**Danil D. Bukreev**, student, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28 street Vesennaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: danil.bukreev.43@gmail.com

**Matvey E. Schneider**, student, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28 street Vesennaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: matvejsnajder4@gmail.com

#### Contribution of the authors:

Maxim S. Plaksin – setting a research task, scientific management, writing a text.

Roman I. Rodin – review of relevant literature, conceptualization of research, writing of the text.

Danil D. Bukreev – data collection and analysis, review of relevant literature, conclusions, writing the text.

Matvey E. Schneider – data collection and analysis, review of relevant literature, conclusions, writing the text.

All authors have read and approved the final manuscript.

