

ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ И АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ПЕРЕНОСА МЕЛКОДИСПЕРСНОЙ ПЫЛИ ПОСЛЕ МАССОВЫХ ВЗРЫВОВ В КАРЬЕРАХ

Сок И.С.

*Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»,
Москва*

Ключевые слова: массовый взрыв, мелкодисперсная пыль, аэрология карьеров, аэродинамический перенос, дисперсный состав, температурная стратификация, рециркуляция, цифровое прогнозирование.

Аннотация. Рассмотрены факторы, определяющие начальное состояние пылевого облака и его последующий аэродинамический перенос после массового взрыва в карьерном пространстве. Основное внимание уделено дисперсному составу пыли, полю скоростей воздуха, температурной стратификации, геометрии карьерного пространства и зонам рециркуляции. Обоснована последовательность цифрового прогнозирования, в которой натурные характеристики пылевого облака и воздушной среды используются как исходные данные численной модели, а результаты измерений – для ее проверки и уточнения.

FACTORS AFFECTING THE FORMATION AND AERODYNAMIC TRANSPORT OF FINE DUST AFTER LARGE-SCALE BLASTING IN OPEN- PIT MINES

Sok I.S.

National University of Science and Technology MISIS, Moscow

Keywords: large-scale blasting, fine particulate matter, open-pit mine aerology, aerodynamic transport, particle-size distribution, thermal stratification, recirculation, digital prediction.

Abstract. The paper considers the factors governing the initial state of a dust cloud and its subsequent aerodynamic transport after large-scale blasting in an open-pit mine. Particular attention is paid to particle-size distribution, airflow velocity field, thermal stratification, pit geometry and recirculation zones. A digital prediction sequence is substantiated in which field characteristics of the dust cloud and the air environment are used as input data for numerical modeling, while monitoring data are used for model verification and refinement.

Введение

Массовый взрыв является кратковременным источником интенсивного поступления пыли и газов в атмосферу карьера. После формирования пылегазового облака его дальнейшее состояние определяется естественным воздухообменом, ветровыми и температурными условиями, а также положением относительно зон прямого и рециркуляционного движения воздуха [1-3]. Поэтому для прогноза после-взрывной обстановки основное значение имеют характеристики сформировавшегося облака и закономерности его дальнейшего движения.

Под факторами в настоящей работе понимаются исходные параметры пылевого облака, воздушной среды и геометрии карьера, изменение которых влияет на перенос, рассеивание и осаждение частиц. К ним относятся положение и

дисперсный состав облака, скорость и направление воздуха, температурная стратификация, глубина и конфигурация карьера, наличие зон рециркуляции [1-3].

Факторы аэродинамического переноса пыли

Исходное состояние пылевого облака целесообразно задавать через его положение, размеры, концентрационные характеристики и дисперсный состав. Размер частиц определяет их инерционность и склонность к осаждению. В исследованиях [4, 5] показано, что более мелкие фракции переносятся воздушным потоком дальше, тогда как более крупные интенсивнее осаждаются. Характеристики дисперсного состава, полученные при натурном отборе проб, использовались автором как начальные данные для моделирования массопереноса [5, 6].

Основные группы параметров можно объединить в три блока: исходное состояние пылевого облака; аэродинамические и метеорологические условия; геометрию карьерного пространства. В карьерной аэрологии рассматриваются прямоточные, рециркуляционные и смешанные схемы движения воздуха, формирование которых определяется ветровым режимом, температурным состоянием атмосферы и геометрией выработанного пространства [1-3]. При рециркуляции часть загрязненного воздуха возвращается во внутреннюю область карьера, поэтому для прогноза необходимо учитывать поле скоростей именно внутри карьерного пространства.

Натурные исследования авторов показали пространственную неоднородность пылеотложения [7], а компьютерное моделирование – влияние локальной геометрии на поле скоростей и места осаждения частиц [4]. Методически это подтверждает необходимость учитывать реальную геометрию и структуру воздушного потока в расчетной модели.

Концептуальная последовательность цифрового прогнозирования

Для численного описания после-взрывной пылевой обстановки исходными данными должны служить характеристики облака и воздушной среды. В исследованиях [5, 6] натурно определенные параметры частиц, геометрия и скорость воздуха задавались как начальные и граничные условия, а результаты моделирования сопоставлялись с наблюдаемым пылераспределением. Для карьерных условий аналогично предлагается задавать положение и дисперсный состав облака, метеопараметры и геометрию карьера, используя распределенные измерения для проверки и уточнения расчета.

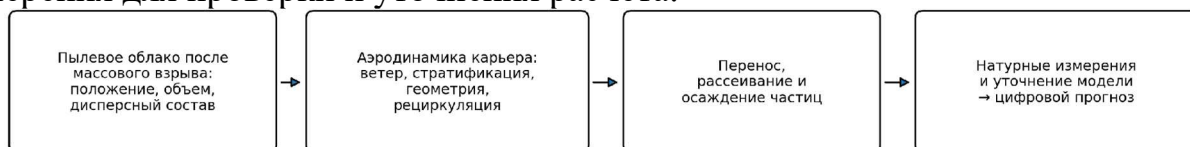


Рис. 1. Концептуальная последовательность цифрового прогнозирования распространения пыли после массового взрыва

Заключение

После массового взрыва состояние пылевого облака определяется аэродинамическими и метеорологическими условиями, геометрией карьера и дисперсным составом частиц. Для прогноза ключевыми являются поле скоростей, температурная стратификация и положение облака относительно зон

рециркуляции. Перспективной является постановка «начальное состояние пылевого облака – аэродинамическое поле карьера – перенос и осаждение частиц», проверяемая натурными измерениями. Практическая значимость такого подхода заключается в возможности учитывать не только общие метеорологические условия после массового взрыва, но и особенности движения воздуха непосредственно внутри карьерного пространства. Это особенно важно при наличии зон ослабленного воздухообмена и рециркуляции, в которых пылевое облако может сохраняться продолжительное время и распространяться по траекториям, не совпадающим с направлением внешнего ветрового потока. Учет дисперсного состава частиц, геометрии карьера и фактического поля скоростей воздуха позволяет более обоснованно оценивать характер переноса и осаждения пыли. Натурные измерения при этом могут использоваться как для задания исходных параметров модели, так и для последующей проверки результатов расчета. Такой подход формирует методическую основу для прогнозирования послевзрывной пылевой обстановки с учетом конкретных аэродинамических условий карьерного пространства. Дальнейшая работа будет направлена на установление аэродинамических режимов распространения пыли после массовых взрывов и верификацию модели в реальном карьерном пространстве.

Список литературы

1. Драгунский О.Н., Коликов К.С. Аэрология карьеров: учебное пособие. – М.: Изд. дом НИТУ МИСИС, 2023. – 337 с.
2. Драгунский О.Н., Коликов К.С., Тушов А.И. Основы проектирования вентиляции в карьерах: учебное пособие. – М.: Изд. дом НИТУ МИСИС, 2024. – 370 с.
3. Битколов Н.З., Никитин В.С. Проветривание карьеров. – М.: Госгортехиздат, 1963. – 252 с.
4. Кобылкин А.С. Исследование распространения и осаждения частиц пыли в горных выработках, с учетом расположенного в ней оборудования // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2018. – №S32. – С. 61-66.
5. Кобылкин А.С. Определение дисперсного состава пыли при отборе проб из рудничной атмосферы у комбайна // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2019. – №S10. – С. 122-125.
6. Кобылкин А.С. Исследования пылераспределения в очистном забое у комбайна // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2020. – №6-1. – С. 65-73.
7. Кудряшов В.В., Кубрин С.С., Кобылкин А.С. Опыт исследования осаждения пыли на поверхности горной выработки // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2018. – №S1. – С. 275-282.

Сведения об авторе:

Сок Иван Сетхович – аспирант.