

4. Гольдфарб Л.Л. Опыт утилизации осадков городских сточных вод в качестве удобрения / Л.Л.Гольдфарб, И.С.Туровский, С.А.Беляева. – М.: Стройиздат, 1983. – 59 с.
5. Эпоян С.М. Современное оборудование для обезвоживания осадков городских сточных вод / С.М.Эпоян, Г.С.Пантелят, О.В.Степанов, Ю.И.Шгонда // Научный вестник строительства. – Харків: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2005. – Вып 35. - с. 213 – 216.
6. Коваленко А.В. Влияние охлаждения сточных вод на экологические и эксплуатационные характеристики водоотведения / А.Н. Коваленко, А.В. Коваленко, Е.С. Лебедева, В.А. Юрченко // Комунальне господарство міст: наук. техн. зб. – Х.: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2014. – Вип. 114. – С. 127-130.
7. Коваленко А.В. Улучшение экологического состояния окружающей среды за счет использования альтернативных источников теплоснабжения / А.В. Коваленко, Е.С. Лебедева // Научный вестник строительства: зб. наук. праць. – Х.: ХНУБА, ХОТВ, АБУ, 2012. – Вип.68. – С.292-297.

УДК 502.3:504.5:629.33

Беляев Н. Н., Карпо А. А.,

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна,

Якубовская З. Н.

Украинский государственный химико-технологический университет, Днепр

СНИЖЕНИЕ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ УГОЛЬНОЙ ПЫЛЬЮ РАБОЧИХ ЗОН ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗАЩИТНЫХ ЭКРАНОВ

Введение. Как известно, возле штабелей угля происходит интенсивное загрязнение рабочих зон вследствие сдува угольной пыли. Угольная пыль попадает как на рабочих, находящихся вблизи штабелей, так и внутрь различных машин, которые работают на промышленной площадке. Все это ставит во главу угла проблему прогнозирования уровня загрязнения рабочих зон возле штабелей угля и разработки эффективных методов их защиты от загрязнения.



Рис. 1. Штабеля угля

Анализ литературы. Прогнозирование уровня загрязнения рабочих зон возле угольных штабелей или при транспортировке угля осуществляется путем использования эмпирических моделей или модели Гаусса [4, 5, 7, 9]. Эти модели позволяют быстро получить прогнозные данные, но не учитывают форму штабеля угля, профиль скорости ветра и т.д. Данные модели не могут быть применены для оценки эффективности тех методов защиты рабочих зон от загрязнения, которые основаны, например, на изменении аэродинамической картины возле штабелей угля. Примером такой защиты является использование специальных экранов. Метод физического моделирования, для проведения таких исследований, требует использования дорогостоящего экспериментального оборудования и много времени на постановку эксперимента [14]. Поэтому, метод физического моделирования не может быть каждодневным инструментом решения прикладных задач, связанных с защитой рабочих зон от загрязнения вблизи штабелей угля.

Целью данной работы является разработка CFD модели для оценки уровня загрязнения рабочих зон возле штабелей угля при использовании защитных экранов.

Методика. Для решения задачи по оценке уровня загрязнения рабочих зон возле штабеля угля будут использоваться фундаментальные уравнения аэродинамики и массопереноса. Для численного интегрирования моделирующих уравнений будут использоваться конечно - разностные методы.

Модель аэродинамики. Штабель угля имеет сложную геометрическую форму и представляет собой препятствие на пути ветрового потока. Это значит, что для получения адекватной оценки по определению уровня загрязнения рабочих зон возле штабеля необходимо учесть изменение поля скорости ветрового потока возле него. Для решения этой задачи будем применять модель идеальной жидкости. В случае безвихревого воздушного потока, моделирующее уравнение будет иметь вид [1, 10, 11]:

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = 0, \quad (1)$$

где φ – потенциал скорости.

Компоненты вектора скорости воздушного потока определяется такими соотношениями:

$$u = \frac{\partial \varphi}{\partial x}, \quad v = \frac{\partial \varphi}{\partial y} \quad (2)$$

Постановка краевых условий для данного уравнения рассматривается в работах [1, 11].

Модель массопереноса. Для моделирования процесса загрязнения рабочих зон возле штабеля угля при рассеивании от него угольной пыли будем использовать уравнение переноса примеси в атмосфере [2, 4-6, 10, 11]:

$$\begin{aligned} \frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial uC}{\partial x} + \frac{\partial (v - w_s)C}{\partial y} = \\ = \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \\ + \sum Q_i \delta(x - x_i) \delta(y - y_i), \end{aligned} \quad (3)$$

где C – концентрация угольной пыли; u, v – компоненты вектора скорости движения воздушной среды; μ_x, μ_y – коэффициенты атмосферной турбулентной диффузии; t – время; x_i, y_i – координаты расположения точечного источника выделения пыли на поверхности угольного штабеля; w_s – скорость гравитационного оседания угольной пыли; Q_i – интенсивность эмиссии угольной пыли; $\delta(x - x_i) \delta(y - y_i)$ – обозначение дельта-функции Дирака.

Отметим, что рассматривается профильная задача и ось Y направлена вертикально вверх.

Таким образом, процесс эмиссии пыли от поверхности угольного штабеля моделируется набором точечных источников заданной интенсивности, которые располагаются на поверхности штабеля. Интенсивность эмиссии определяется экспериментальным путем или путем использования эмпирических зависимостей.

При рассеивании угольной пыли учитывается скорость ветра, изменение направления ветрового потока при обтекании штабеля и атмосферная диффузия. На входе в расчетную область задаются следующие значения метеорологических параметров [3-5]:

$$u = u_1 \left(\frac{y}{y_1} \right)^p, \quad \mu_y = k_1 \left(\frac{y}{y_1} \right)^m, \quad \mu_x = k_0 u, \quad (4)$$

где u_1 – скорость ветра на высоте y_1 (принимается $y_1 \approx 10 \text{ м}$); $k_1 = 0,2$; $k_0 = 0,1$; $p = 0,16$; $m \approx 1$.

Постановка граничных и начальных условий для уравнения переноса угольной пыли рассмотрено в работах [1, 2, 6, 10, 11].

Метод численного решения. Для решения уравнений аэродинамики и массопереноса используются конечно-разностные методы. Расчет выполняется на прямоугольной разностной сетке. Для численного интегрирования уравнения для потенциала скорости применяется метод Либмана [8]. Для численного интегрирования уравнения рассеивания угольной пыли

в рабочих зонах применяется неявная поперечно-треугольная разностная схема расщепления [1, 10, 11].

Формирование вида расчетной области. Отметим, что особенностью рассматриваемой задачи является сложный вид расчетной области, вследствие нахождения в ней угольного штабеля и защитных экранов. Для формирования вида этой области в численной модели используются маркеры [12]. С помощью маркеров задаются все «особенности» расчетной области, а именно: форма штабеля, его положение, интенсивность эмиссии, положение защитных экранов. Такой подход позволяет быстро изменять условия задачи и не вносить изменения в разработанные программы компьютерного моделирования.

Практическая реализация модели.

На базе построенных численных моделей разработан специализированный пакет программ. Данный пакет программ был использован для моделирования загрязнения рабочей зоны возле угольного штабеля при использовании защитных экранов.

На рис. 2 показано концентрационное поле угольной пыли возле штабеля при отсутствии защитного экрана, а на рис. 3 – при наличии экранов, размещенных возле каждой стороны штабеля.

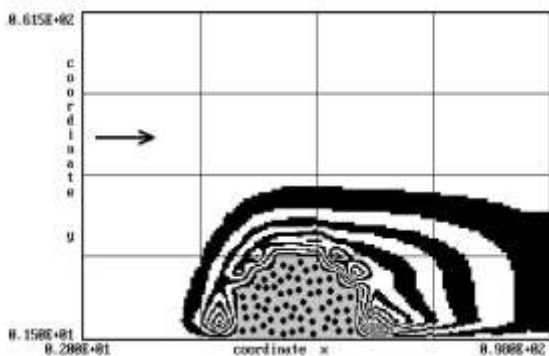


Рис. 2. Концентрационное поле пыли возле штабеля угля (нет защитных экранов)

Как видно из представленных рисунков, наличие защитных экранов изменяет характер распределения пыли вблизи отвала, а значит и уровень загрязнения в рабочих зонах.

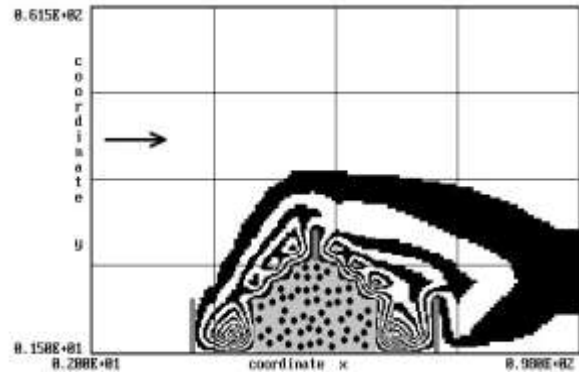


Рис. 3. Концентрационное поле пыли возле штабеля угля (есть защитные экраны с обеих сторон штабеля и наверху штабеля)

Отметим, что на решение задачи потребовалось около 7 сек компьютерного времени.

Выводы. Рассмотрена эффективная численная модель для прогноза уровня загрязнения рабочих зон возле угольного штабеля. Разработанная численная модель позволяет рассчитать аэродинамику ветрового потока вблизи штабеля угля и процесс переноса пыли в рабочих зонах. Эмиссия пыли от угольного штабеля моделируются серией точечных источников заданной интенсивности. Разработанная численная модель позволяет оперативно оценивать уровень загрязнения в рабочих зонах при использовании защитных экранов, что позволяет ее рекомендовать для обоснования размеров экранов и их расположения возле штабелей угля. Дальнейшее совершенствование модели следует проводить в направлении ее развития для расчета аэродинамики и массопереноса в трехмерной постановке.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Беляев Н. Н. Математическое моделирование в задачах экологической безопасности и мониторинга чрезвычайных ситуаций: монография / Н. Н. Беляев, Е. Ю. Гунько, П. Б. Машихина. – Днепропетровск: Акцент ПП, 2013. – 159 с.
2. Беляев, Н. Н. Моделирование процесса сноса угольного концентрата из полувагонов / Н. Н. Беляев, А. А. Карпо // Науковий вісник буд-ва : зб. наук. пр. / Харк. нац. ун-т буд-ва та архіт. – Харків, 2016. – №1 (83). – С. 196 – 199.

3. Беляев, Н. Н. Проблема уноса угольной пыли / Н. Н. Беляев, М. О. Оладипо // Наука та прогрес транспорту. – 2016. – № 6 (66). – С. 17–24.
4. Беляев Н. Н. Моделирование загрязнения атмосферного воздуха выбросами автотранспорта на улицах городов: монография / Н. Н. Беляев, Т. И. Русакова, П. С. Кириченко. – Днепр: Акцент ПП, 2014. – 159 с.
5. Берлянд М. Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы / М. Е. Берлянд. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1985. – 273 с.
6. Бруязцкий Е. В. Теория атмосферной диффузии радиоактивных выбросов / Е. В. Бруязцкий. – Киев: Ин-т гидромеханики НАН Украины, 2000. – 443 с.
7. Колесник, В. Е. Математическое моделирование процесса рассеивания промышленной пыли в атмосфере / В. Е. Колесник, Л. А. Головина, В. В. Богуцкая // 36. наук. пр. НГУ № 26, Том. 2. – Днепропетровськ: РВК НГУ, 2006. – С. 120–130.
8. Марчук Г. И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды / Г. И. Марчук. – Москва: Наука, 1982. – 320 с.
9. Роуч, П. Вычислительная гидродинамика / П. Роуч. – Москва: Мир, 1980. – 616 с.
10. Уорк К. Загрязнение воздуха. Источники и контроль / К. Уорк, С. Уорнер. – Москва: Мир, 1980. – 539 с.
11. Численное моделирование распространения загрязнения в окружающей среде / М. З. Згуровский, В. В. Скопецкий, В. К. Хрущ, Н. Н. Беляев. – Київ: Наук. думка, 1997. – 368 с.
12. Biliaiev M. Numerical Simulation of Indoor Air Pollution and Atmosphere Pollution for Regions Having Complex Topography / M. Biliaiev // NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security. – 2011. – P. 87 – 91.
13. Ferreira, AD, Viegas, DX, & Sousa, ACM. (2003). 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), 1271-1283. doi: 10.1016/S0167-6105(03)00077-1.
14. Initial Report on the Independent Review of Rail Coal Dust Emissions Management Practices in the NSW Coal Chain / Chief Scientist & Engineer. – Sydney NSW, Australia, 2015. – 75 p.
15. 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.
16. Szabo, M. F. Environmental assessment of coal transportation / M. F. Szabo. – Cincinnati, Ohio: Environmental Protection Agency, 1978. – 142 p.

УДК [504.3: 622.411.52]: 656.2

Оладипо Мутіу Олатойе

*Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта
им. академика В. Лазаряна*

РАСЧЕТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ РАБОЧИХ ЗОН ВОЗЛЕ ТРАНСПОРТНОЙ МАГИСТРАЛИ

Введение. Как известно, транспортировка угля в полувагонах приводит к выносу угольной пыли и интенсивному загрязнению прилегающей территории, где могут находиться различные работники дороги – монтеры пути, сигналисты и т.д. В результате выноса угольной пыли происходит не только загрязнение воздушной среды в рабочих зонах, но и загрязнение подстилающей поверхности, балластного слоя. В этой связи, возникает

важная проблема по разработке методов снижения такого загрязнения.

Анализ литературы. В настоящее время для решения задачи по оценке уровня загрязнения прилегающей территории при перевозке угля используются эмпирические или аналитические модели [3-6, 8, 10]. Эти модели позволяют оперативно проводить серийные расчеты, но не учитывают ряд важных физических факторов, которые существенно влияют