

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ



Міжнародна
науково-практична конференція

**Проблеми
надзвичайних
ситуацій**

МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ

Черкаси
14 травня 2025 року

Редакційна колегія

Ігор ТОЛОК, кандидат педагогічних наук, доцент, лауреат Державної премії України в галузі освіти, Заслужений працівник освіти України, ректор Національного університету цивільного захисту України (Україна).

Євгеній РИБКА, доктор технічних наук, професор, Національний університет цивільного захисту України (Україна).

Володимир АНДРОНОВ, доктор технічних наук, професор, Заслужений діяч науки і техніки України, Національна академія Національної гвардії України (Україна);

Віктор БАНАХ, доктор технічних наук, професор, Запорізький національний університет (Україна);

Андрій БАМБУРА, доктор технічних наук, професор, ДП «Науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» (Україна);

Василь ГОЛІНЬКО, доктор технічних наук, професор, НТУ «Дніпровська політехніка» (Україна);

Олександр ГОЛОДНОВ, доктор технічних наук, професор, ТОВ «Стальпроектконструкція ім. В.М. Шимановського» (Україна);

Юлія ДАНЧЕНКО, доктор технічних наук, професор, Національна академія Національної гвардії України (Україна);

Олександр ДЖУЛАЙ, кандидат технічних наук, доцент, Національний університет цивільного захисту України (Україна);

Оксана КИРИЧЕНКО, доктор технічних наук, професор, Національний університет цивільного захисту України (Україна);

Андрій КОНДРАТЬЄВ, доктор технічних наук, професор, Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова (Україна);

Олександр ЛАПЕНКО, доктор технічних наук, професор, Навчально-науковий інститут аеропортів Національного авіаційного університету (Україна);

Вадим НІЖНИК, доктор технічних наук, професор, Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту (Україна);

Юрій ОТРОШ, доктор технічних наук, професор, Національний університет цивільного захисту України (Україна);

Василь ПЕТРУК, доктор технічних наук, професор, Вінницький національний технічний університет (Україна);

Валентин МЕЛЬНИК, кандидат технічних наук, доцент, Національний університет цивільного захисту України (Україна);

Микола СУР'ЯНИНОВ, доктор технічних наук, професор, Одеська державна академія будівництва та архітектури (Україна);

Laura COCHRANE, Emergent Countermeasures International Limited Company (UK);

Jenq-Renn CHEN, PhD, Professor, National Kaohsiung University of Science and Technology (Taiwan);

Andy DUNCAN, International Committee of the Red Cross (Switzerland);

Augusto GEROLIN, PhD, University of Ottawa (Canada);

Wolfgang Karl-Heinz REICH, Joint Chemical, Biological, Radiological and Nuclear Defence Centre of Excellence (Czech Republic);

Luca ROMANO, Avvocato dell'Atomo (Italy);

Dieter ROTHBACHER, CBRN Protection GmbH (Austria);

Leonid SKATKOV, PhD, Ben Gurion University of Negev (Israel);

Erika SUZUKI, Gamma Reality Inc. (USA);

Oksana TELAK, DSc, Main School of Fire Service (Poland);

Oleh TURUTANOV, PhD, Comenius University (Slovakia);

Rajnai ZOLTÁN, DSc, Professor, Óbuda University (Hungary).

Відповідальний секретар: Ніна РАШКЕВИЧ, PhD, Національний університет цивільного захисту України (Україна).

Національний університет цивільного захисту України, 2025. 474 с.

У збірнику включено матеріали міжнародної науково-практичної конференції «**Problems of Emergency Situations**», яка відбулася на базі Національного університету цивільного захисту України, за такими тематичними напрямками: запобігання надзвичайним ситуаціям; моніторинг та управління у сфері цивільного захисту; реагування на надзвичайні ситуації та ліквідація їх наслідків; хімічні технології та інженерія, радіаційний та хімічний захист; екологічна безпека та охорона праці.

Рекомендовано до друку вченою радою навчально-наукового інституту пожежної безпеки (протокол № 4 від 25.04.2025 р.).

© Національний університет цивільного захисту України

МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕДІНКИ СФЕР ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ МЕТОДУ ДИСКРЕТНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Пастернак В.В.¹, к.т.н., доцент,

Рубан А.В.², канд. з держ. упр., доцент

¹Волинський національний університет імені Лесі Українки,

²Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Гранульовані середовища є складними фізичними системами, які складаються з великої кількості взаємодіючих частинок різної форми та розміру [1]. Аналіз поведінки таких частинок у системах є важливим завданням для підвищення ефективності, оптимізації технологічних процесів та покращення експлуатаційних характеристик матеріалів [2, 3]. Через складність взаємодії між окремими частинками традиційні аналітичні методи часто виявляються недостатніми для опису їхньої динаміки [4]. Метод дискретних елементів (DEM) є одним із найпотужніших підходів для моделювання поведінки частинок у гранульованих системах [5, 6]. Цей метод дозволяє враховувати контактну взаємодію частинок, сили тертя та пружності, а також геометричні особливості частинок [7, 8]. Завдяки своїй універсальності DEM став ефективним інструментом для дослідження механічних властивостей систем із частинками різного розміру та складу, що перебувають у динамічних умовах [9, 10]. На рисунку 1 представлено експериментальну залежність дослідження сили тертя та маси частинки від її розміру.

Dependence of friction force and mass on particle size

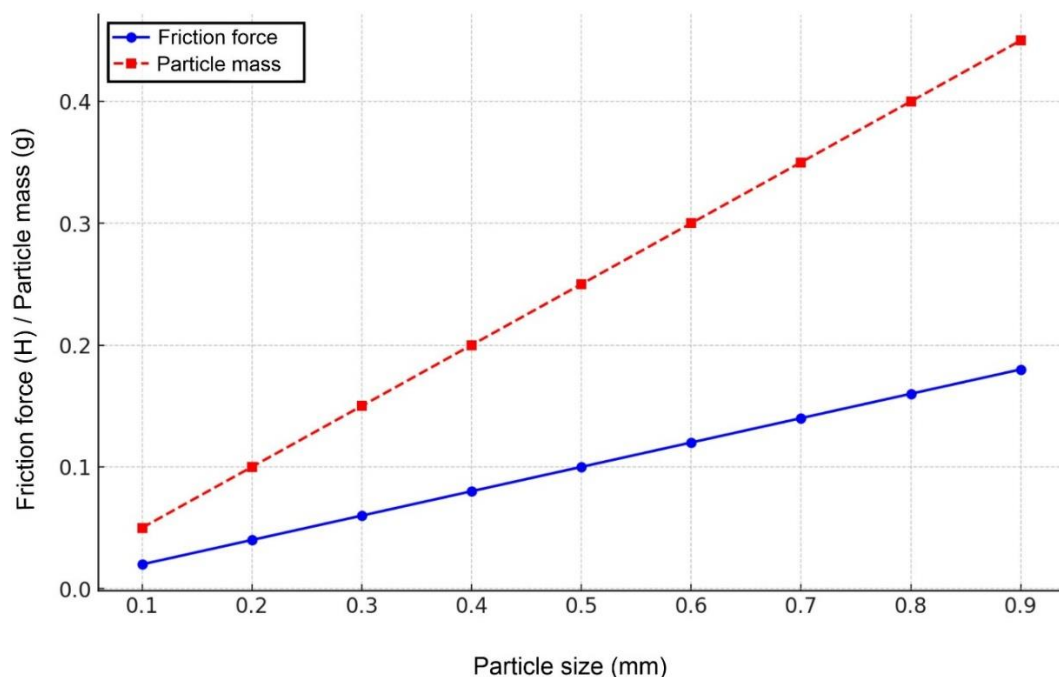


Рис. 1. Експериментальна залежність сили тертя, маси частинки від її розміру.

У процесі моделювання поведінки частинок методом дискретних елементів (DEM) було встановлено, що сила тертя та маса частинок безпосередньо залежать від їх розміру. Аналіз показав лінійний характер збільшення маси з ростом розміру частинок, тоді як сила тертя зростає відповідно до запропонованої лінійної моделі. Це свідчить про пропорційне збільшення маси частинок та інтенсивності їх взаємодії з поверхнею при збільшенні розміру. Водночас для дрібніших частинок можуть виникати додаткові

чинники, такі як мікроструктурні зміни поверхні чи вплив молекулярних сил, які здатні суттєво змінювати характер тертя.

Слід також відмітити, що застосування методу дискретних елементів (DEM) є потужним інструментом для моделювання поведінки сферичних частинок у різних фізичних системах. Дослідження показало, що DEM дозволяє точно відтворювати взаємодію між частинками, враховуючи контактні сили, тертя, пружність, фактор форми та координатне число. Завдяки цьому методу вдалося отримати детальне уявлення про процеси, які виникають у гранульованих середовищах, таких як формування (насипи), потоки сипучих матеріалів, а також транспортування твердих тіл.

ЛІТЕРАТУРА

1. Pasternak, V., Ruban, A., Surianinov, M., Shapoval, S. (2023). Simulation Modeling of an Inhomogeneous Medium, in Particular: Round, Triangular, Square Shapes. *Defect and Diffusion Forum.* 428. 27–35.
2. Pasternak, V., Ruban, A., Hurkalenko, V., Zhyhlo, A. (2023). Computer Simulation Modeling of an Inhomogeneous Medium with Ellipse-Shaped Irregular Elements. *Defect and Diffusion Forum.* 428. 37–45.
3. Pasternak, V., Ruban, A., Surianinov, M., Otrosh, Yu., Romin, A. (2022). Software Modeling Environment for Solving Problems of Structurally Inhomogeneous Materials. *Materials Science Forum.* 1068. 215–222.
4. Pasternak, V., Ruban, A., Zolotova, N., Suprun, O. (2023). Computer Modeling of Inhomogeneous Media Using the Abaqus Software Package. *Defect and Diffusion Forum.* 428. 47–56.
5. Pasternak, V., Ruban, A., Zemlianskyi, O., Ivanov, G. (2024). Using Various Methods of Imaging and Visualization for Studying Heterogeneous Structures at Micro- and Nanoscales. *Materials Science Forum.* 1126. 131–141.
6. Pasternak, V., Ruban, A., Holii, O., Vavreniuk, S. (2024). Mathematical Model of the Dynamics of Spherical Elements. *Advances in Science and Technology.* 156. 117–125.
7. Pasternak, V., Ruban, A., Horbachenko, Yu., Vavreniuk, S. (2024). Computer Modelling of the Process of Separation of Heterogeneous Elements (Spheres). *Advances in Science and Technology.* 156. 127–136.
8. Pasternak, V., Ruban, A., Biltil, O., Karpova D. (2024). Effective Application of Numerical Approaches and Green Functions for the Process of Modelling Spheres. *Advances in Science and Technology.* 156. 3–13.
9. Pasternak, V., Ruban, A., Chernenko, O., Nadon, O. (2024). Use of the Boundary Element Method for Solving Problems of Predicting the Regularities of Formation of the Structure of Non-Isometric Components. *Advances in Science and Technology.* 156. 15–25.
10. Pasternak, V., Ruban, A., Pasynchuk, K., Polyanskyi, P. (2024). Special Features of Using Mathematical Modeling for the Study of Tetrahedral Elements. *Advances in Science and Technology.* 156. 27–37.