

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 ФІЗИЧНИХ СИСТЕМ ІЗ СФЕРИЧНИМИ ЧАСТИНКАМИ: ЗАСТОСУВАННЯ ПЕРІОДИЧНИХ ГРАНИЧНИХ УМОВ ТА ПОТЕНЦІАЛУ ЛЕННАРД-ДЖОНСА

Пастернак В.В.¹, к.т.н., доцент,

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

¹*Волинський національний університет імені Лесі Українки,*

²*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

У моделюванні фізичних систем із великою кількістю частинок важливим є врахування міжчастинкових взаємодій та граничних умов, які визначають поведінку системи [1]. Для відтворення властивостей нескінченних середовищ без впливу граничних ефектів широко застосовуються періодичні граничні умови (РВС). Цей підхід дозволяє моделювати системи [2, 3], що складаються з великої кількості частинок, відображаючи їх поведінку як у природних та необмежених умовах так і здійснювати розподіл частинок у просторі [4]. Одним із ефективних методів чисельного інтегрування рівнянь руху частинок є алгоритм Velocity Verlet [5, 6], який забезпечує стабільність обчислень та збереження енергії системи. Для опису взаємодії між частинками слід використовувати потенціал Леннард-Джонса [7], який дозволяє адекватно моделювати короткодійні відштовхувальні та довгодійні притягувальні сили. Особливий інтерес становлять системи із сферичними частинками [8, 9], які можуть моделювати структури колоїдів, наноматеріалів, біомолекул та інших складних систем. Дослідження їх динаміки, процесів самоупаковки та утворення структур дозволяє зрозуміти важливі фізичні процеси, що лежать в основі багатьох природних і технологічних явищ [10]. На рисунку 1 представлено розподіл частинок у просторі, зокрема двовимірну проєкцію частинок у симуляційному середовищі.

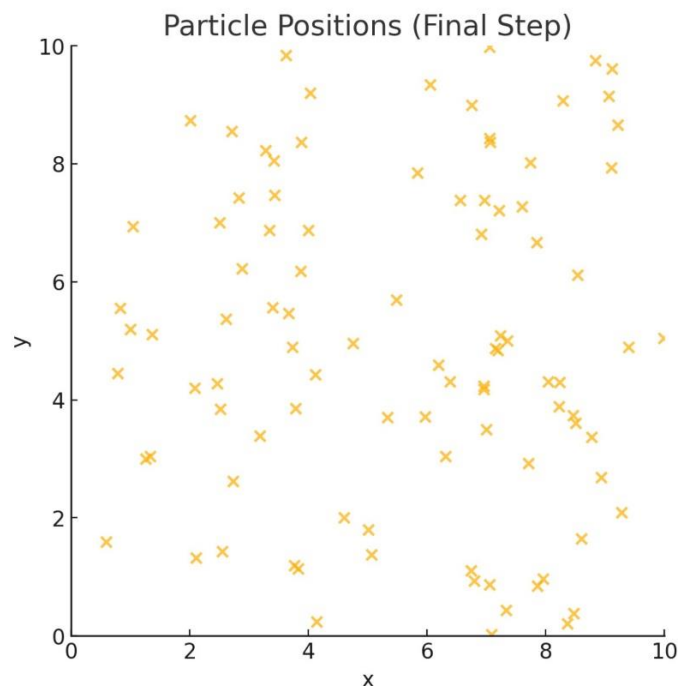


Рис. 1. Експериментальні результати розподілу частинок у просторі.

Експериментальні результати моделювання показують, що кожна точка на графіку представляє частинку системи з координатами x та y в межах симуляційного середовища розміру $L \times L$ ($L=10,0$). Координата z не врахована, оскільки це двовимірна проекція.

Слід відмітити, що аналіз розподілу частинок дозволяє оцінити їх рівномірність або агрегацію. Взаємодія частинок, яка описана потенціалом Леннард-Джонса, може спричиняти утворення груп. Виявлені аномальні частинки, які «злипаються» через початкові умови або числові похибки, потребують перегляду параметрів моделювання. А також, результати моделювання демонструють, що система частинок у межах симуляційного середовища поводить згідно з очікуваними фізичними закономірностями. Таким чином, застосування періодичних граничних умов (РВС) забезпечує коректне відтворення нескінченного середовища, дозволяючи частинкам залишатися всередині обмеженого простору навіть після перетину його меж. Це дає змогу аналізувати розподіл частинок без граничних ефектів, забезпечуючи більш точне моделювання та здійснювати об'єктивну оцінку фізичних процесів у системі.

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. 2735.
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, Ol., 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, Ol., 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 Ol., Nadon, Ol. (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.