

ДОСЛІДЖЕННЯ ДВОВИМІРНОГО РІВНЯННЯ СИНУС-ГОРДОНА В ДЖОЗЕФСОНІВСЬКИХ КОНТАКТАХ ЗА ДОПОМОГОЮ БЕЗСІТКОВОГО МЕТОДУ СКІНЧЕННИХ ТОЧОК

Сахнюк П. В., Замуруєва О.В., Сахнюк В.Є.

*Волинський національний університет імені Лесі Українки,
кафедра теоретичної та комп'ютерної фізики імені А.В. Свідзинського,
пр. Волі, 13, Луцьк, 43000, Україна
e-mail: Sakhnyuk.Vasyl@vnu.edu.ua*

Рівняння синус-Гордона посідає центральне місце в сучасній математичній фізиці, виступаючи фундаментальною моделлю для опису широкого спектру нелінійних хвильових явищ у різноманітних фізичних системах. Його універсальність зумовлена здатністю точно відображати складні динамічні процеси, починаючи від деформацій нелінійних кристалічних ґраток та властивостей блохівських стінок у феромагнетиках до поширення імпульсів у дворівневих резонансних середовищах та орієнтаційних структур рідких кристалів.

Особливу значущість рівняння синус-Гордона набуває в контексті джозефсонівських контактів – квантових пристроїв, що складаються з двох надпровідників, розділених тонким шаром діелектрика або нормального металу. В таких контактах рівняння синус-Гордона описує динаміку магнітного потоку, або флюксонів, що є ключовим для розуміння та розробки надпровідникової електроніки. Двовимірна форма рівняння синус-Гордона становить особливий інтерес, оскільки вона дозволяє моделювати більш реалістичні сценарії, враховуючи просторову протяжність контактів. Саме у двовимірному випадку проявляються такі характерні нелінійні об'єкти, як кінк- та антикінк-солітони, чия поведінка при зіткненнях визначає багато важливих властивостей джозефсонівських пристроїв. Незважаючи на значний прогрес, аналітичне та чисельне розв'язання синус-Гордона рівняння залишається складним завданням, особливо для надпровідних контактів, в яких залежність струму від різниці фаз є відмінною від звичайної синусоїдної [1-2].

Метою нашої роботи є розробка та застосування ефективного чисельного підходу для дослідження динаміки флюксонів в надпровідних контактах для температур, близьких до критичної та з несинусоїдною струм-фазовою залежністю. Для цього пропонується використання безсіткового методу скінченних точок. Цей метод належить до класу безсіткових методів, які останнім часом набувають все більшої популярності для розв'язання диференціальних рівнянь в частинних похідних у фізиці та інженерії завдяки своїй гнучкості та здатності уникати трудомісткого процесу генерації сітки. У роботі детально обговорюється застосування безсіткового методу скінченних точок для розв'язання модифікованого рівняння синус-Гордона у двовимірному випадку для задач, що виникають у джозефсонівських контактах.

У ході дослідження лінійних солітонів було проведено чисельне дослідження суперпозиції двох ортогональних лінійних солітонів; результати показують розпад солітонів та їх рух один від одного, з деформацією, що з'являється з часом. Також було досліджено вплив дисипативного члена на поведінку розв'язку рівняння синус-Гордона, показано зменшення енергії з часом. Проведено моделювання еволюції флюксонів використовуючи СКМ Maple.

1. A.A. Golubov, M.Yu. Kupriyanov and E. Il'ichev. The current-phase relation in Josephson junctions. Rev. Mod. Phys. 2004. V.6, 411. <http://dx.doi.org/10.1103/RevModPhys.76.411>.
2. Сахнюк В.Є, Головій В.М. Вплив прозорості діелектричного прошарку на форму залежності струму від різниці фаз у контактах типу SIS. Журнал фізичних досліджень. 2011. Т. 15, Ч. 2. С. 2702-8.