

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОГО МЕТОДА ПОЛУЧЕНИЯ  
НАНОДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ В ЖИДКИХ СРЕДАХ**

Р.А. Цырков, Д.Ю. Кукушкин, А.О. Дителева, В.В. Слепцов

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА**

НАНОДИСПЕРСНЫЕ СИСТЕМЫ, МАТЕМАТИЧЕСКОЕ  
МОДЕЛИРОВАНИЕ, ИМПУЛЬСНЫЙ ПРОБОЙ, ВЗРЫВНАЯ  
ЭЛЕКТРОННАЯ ЭМИССИЯ, КОЛЛОИДНЫЕ РАСТВОРЫ

**MATHEMATICAL MODELING OF AN ELECTRIC PULSE  
METHOD FOR OBTAINING NANODISPERSE SYSTEMS  
IN LIQUID MEDIA**

R.A. Tsyrykov, D.Yu. Kukushkin, A.O. Diteleva, V.V. Sleptsov

**KEYWORDS**

NANODISPERSE SYSTEMS, MATHEMATICAL MODELING, PULSE  
BREAKDOWN, EXPLOSIVE ELECTRON EMISSION, COLLOIDAL  
SOLUTIONS

Разработка новых наноматериалов для применения в электронике, энергетике и медицине остается актуальной задачей современной науки. Среди методов получения наночастиц электроимпульсный метод выделяется высокой эффективностью, однако его оптимизация требует детального понимания физико-химических процессов, сопровождающих разряд в жидкостях. Несмотря на значительный объем исследований, вопросы математического описания эрозионных процессов и формирования наночастиц остаются недостаточно изученными. Целью данной работы является разработка физико-математической модели импульсного электрического разряда в жидкости для

прогнозування характеристик, синтезованих нанодисперсних систем і автоматизації процесу їх отримання.

В даній роботі представлено комплексне дослідження процесів імпульсного електричного розряду в жидкостях, направлене на створення математичної моделі, прогнозуєть параметри синтезу наночастиць металів. Основне увагу приділено аналізу фізичних механізмів пробоя (ударна іонізація, автоелектронна емісія) і ерозії електродів, супроводжуєть взривної електронної емісією (ВЭЭ). На основі модифікованої моделі Г.А. Месяца, уключаєть кінцеву геометрію мікроострій і теплоперенос, розроблені рівняння, зв'язуєть тривалість імпульсу (1–10 нс), напругу (5–10 кВ) і міжелектродний зазор (50–200 мкм) з концентрацією синтезованих наночастиць.

Експериментальна установка і система контролю параметрів розряду, дозволила отримати коллоїдні розчини срібла з контролем концентрації *in situ*. Використання методу взвешування сухого залишку підтвердило, що розрахункові значення концентрації демонструють середнє відхилення від експериментальних даних на 7.6%, що свідчить про високу точність моделі.

Робота була виконана в рамках державного завдання Міністерства науки Росії, номер теми FSFF-2023-0008.

## **СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ**

Цыркoв Роман Александрoвич – ассистент кафедры 1204, Московский авиационный институт, Волоколамское шоссе, д. 4, г. Москва, 125993, e-mail: roma1992@yandex.ru

Кукушкин Дмитрий Юрьевич – кандидат технических наук, (ORCID: 0000-0002-6968-1495), доцент кафедры 1204, Московский авиационный институт, Волоколамское шоссе, д. 4, г. Москва, 125993, e-mail: Skyline34@nxt.ru

Дителева Анна Олеговна – кандидат технических наук, (ORCID:0000-0002-0819-6517), доцент кафедры 1204, Московский авиационный

ХІХ международная научно-техническая конференция  
«Вакуумная техника, материалы и технология» Москва,  
ЦВК «Экспоцентр», 01-03 апреля 2025 года

---

институт, Волоколамское шоссе, д. 4, г. Москва, 125993, e-mail:  
anna.diteleva@mail.ru

Слепцов Владимир Владимирович - доктор технических наук,  
профессор (ORCID: 0000- 0002-1171-336X), заведующий кафедрой  
1204, Московский авиационный институт, Волоколамское шоссе, д.  
4, г. Москва, 125993, e-mail: 08fraktal@inbox.ru