

Таким образом, можно заключить, что среднее значение оседей не будет зависеть от начальных параметров экосистемы и будет равняться уравнению гармонического осциллятора, и система будет иметь цикличность, при которой в течении времени исходные значения будут одинаковы с начальными.

1. Вольтерра, В. Математическая теория борьбы за существование / В. Вольтерра: пер. с франц. О.Н. Бондаренко. – М.: Наука, 1976. – 287 с.

2. Бутиков, Е. Собственные колебания линейного осциллятора / Е. Бутиков. – СПбГУ: Физический факультет, 2009. – 20 с.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПУЧКОВ В ИСТОЧНИКАХ С ПЛАЗМЕННЫМ ЭМИТТЕРОМ**

*Шидловская Д.В.<sup>1</sup>, Довгулевич Д.А.<sup>2</sup>,*

*<sup>1</sup>аспирант и <sup>2</sup>преподаватель кафедры инженерной физики ВГУ имени П.М. Машерова,  
г. Витебск, Республика Беларусь,*

*Научный руководитель – Антонович Д.А., канд. техн. наук, доцент*

Ключевые слова. Лучевые технологии, электронно-ионные лучевые системы, искусственные нейронные сети, математическое моделирование.

Keywords. Radiation technologies, electron beam systems, Artificial neural networks, mathematical modeling.

Электронно-ионные лучевые технологии на сегодняшний день являются неотъемлемой частью современных технологий обработки и получения материалов с заданными характеристиками. При этом установки, использующие плазменные источники электронов, обладают рядом преимуществ по сравнению с традиционными, термоэлектронными системами [1].

Предварительное моделирование процессов формирования пучков заряженных частиц в таких устройствах позволяет спрогнозировать параметры формируемых пучков, предсказать поведение системы, как следствие, снизить большой объем экспериментальных работ и удешевить конструирование таких систем [2].

**Материал и методы.** Материалом исследования послужили математические модели различных физических процессов с применением искусственных нейронных сетей, конструкции плазменных источников заряженных частиц. При проведении исследований применялись общепризнанные методы научного познания.

**Результаты и их обсуждение.** Несмотря на возможности, которые дают установки с плазменными источниками заряженных частиц в обработке и получении материалов с заданными параметрами, имеется ряд сдерживающих их широкое применение факторов, одним из которых, на наш взгляд, является достаточно низкий уровень автоматизации данных установок.

Для создания автоматизированных или автоматических установок с плазменным источником заряженных частиц требуется физико-математическая модель для всех узлов установки, а также пакеты прикладных программ, осуществляющих управление на основе модели [3].

Подобное программное обеспечение должно уметь работать с предсказанием, т. е. моделировать в реальном времени с опережением, для автоматической корректировки режима работы установки и предотвращения срыва генерации плазмы, пучка заряженных частиц и других внештатных ситуаций.

Классические способы моделирования слабо подходят для работы с предсказанием из-за высоких требований к вычислительным мощностям и низкой производительности. Поэтому хорошей альтернативой могут выступать искусственные нейронные сети.

Чтобы достигнуть необходимого быстродействия при расчете модели, численное решение дифференциальных уравнений заменяется на модель, построенную с помощью

искусственных нейронных сетей. Благодаря предварительному длительному процессу обучения нейронной сети, достигается ускорение вычислений до приемлемой величины.

То есть мы тратим больше времени на этапе подготовки модели, но ускоряем работу в процессе моделирования.

При корректном выборе топологии искусственной нейронной сети, достаточным количеством обучающих данных и длительном времени обучения, физико-математическая модель на основе искусственных нейронных сетей по точности практически не будет уступать классическим моделям [4].

Но у моделирования с использованием искусственных нейронных сетей есть и ряд своих недостатков, таких как:

- чаще всего процесс создания модели на основе ИНС является эмпирическим, и не позволяет описать полученные закономерности на формальном языке;
- необходимо достаточное количество корректно подобранных наборов данных для обучения и тестирования ИНС;
- обучение ИНС может занимать длительное время и в случае неудачно подобранных параметров в ряде случаев может зайти в тупик;
- поведение ИНС не всегда может быть однозначно предсказуемо, что вызывает соответствующие риски.

**Заключение.** Искусственные нейронные сети являются мощным инструментом для моделирования физических процессов, и, в частности, процесса формирования низкоэнергетических пучков в источниках с плазменным эмиттером. Данный подход имеет большое преимущество в быстродействии по сравнению с классическими подходами через решение систем дифференциальных уравнений.

Выигрыш в быстродействии позволяет реализовать моделирование с предсказанием. В качестве примера применения такого использования, можно привести систему предотвращения срывов и гашения плазменного заряда.

Но использование искусственных нейронных сетей имеет и ряд недостатков, среди которых основными являются: необходимость наличия достаточного количества размеченных данных для обучения, длительное время обучения и невозможность сформулировать полученные закономерности, что делает полученную модель несколько непредсказуемой.

1. Plasma emission systems for electron- and ion-beam technologies / D. Antonovich [et al.] // High Temperature Material Processes: An International Quarterly of High-Technology Plasma Processes. – 2017. – Vol. 21, issue 2. – P. 143-159.

2. Довгулевич, Д.А. Применение искусственных нейросетей в экспериментальной физике / Д.А. Довгулевич // XXIV научная сессия профессорско-преподавательского состава, Витебского филиала Международного университета "МИТСО", Витебск, апрель 2021 г.) / Витеб. гос. ун-т; редкол.: А.Л. Дединкин (гл. ред.) [и др.]. – Витебск: Витебский филиал Международного университета "МИТСО", Витебск, 2021. – С. 144-145.

3. Антонович, Д.А. Построение физико-математической модели формирования потока заряженных частиц в источнике электронов с плазменным эмиттером / Д.А. Антонович, Д.В. Шидловская, Ю.В. Шиёнок // Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя П.М. Машэрава. – 2022. – № 2. – С. 15-20. – Режим доступа: <https://rep.vsu.by/handle/123456789/33470>. – Дата доступа: 29.09.2022.

4. Dovgulevich, D. artificial neural networks as a tool for simulating physical processes / D. Dovgulevich // EUROPEAN AND NATIONAL DIMENSION IN RESEARCH. TECHNOLOGY: Electronic collected materials of XIII Junior Researchers' Conference, Novopolotsk, May 17-21, 2021 / Polotsk State University ; ed. Yu. Holubeu [et al.]. – Novopolotsk : PSU, 2021. – P. 109-110.

## **ОЦЕНИВАНИЕ КООРДИНАТ И ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ ИСТОЧНИКА РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ ПО ДАННЫМ ПОДВИЖНОГО РАДИОПЕЛЕНГАТОРА**

***Шорец-Пашковский В.В.,***

*слушатель магистратуры кафедры автоматизирующей радиолокации и приема-передающих устройств УО «ВА РБ», г. Минск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель – Мороз А.Н., канд. техн. наук, доцент*

Ключевые слова. Оценивание координат и параметров движения источника радиоизлучения по данным подвижного радиопеленгатора.

Keywords. Estimation of the coordinates and motion parameters of the source of radio emission according to the data of the mobile radio direction finder.