

ИСКУССТВЕННЫЕ НЕЙРОСЕТИ КАК НОВЫЙ ЭТАП РАЗВИТИЯ ВИБРАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ХИМИКО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Коробчук М.В., Веригин А.Н., Саенко С.С.

*Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет), Санкт-Петербург*

Ключевые слова: химическая промышленность, химическая технология, вибрационное оборудование, мехатроника, искусственная нейронная сеть.

Аннотация. В статье впервые в литературе предпринимается попытка осмыслить возможные варианты применения искусственных нейросетей для проектирования и управления мехатронными вибрационными установками, используемыми в химической технологии. Отмечается наличие условий для системного сочетания изначально обособленных научно-технических областей: механики, микроэлектроники, электротехники, компьютерного управления, сенсорики и информационных технологий, что применительно к вибрационной технологии позволяет говорить о возможности создания оборудования на принципиально новом уровне.

ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS AS A NEW STAGE IN THE DEVELOPMENT OF VIBRATION EQUIPMENT FOR CHEMICAL- TECHNOLOGICAL PURPOSE

Korobchuk M.V., Verigin A.N., Saenko S.S.

Saint-Petersburg State Institute of Technology, Saint-Petersburg

Keywords: chemical industry, chemical technology, vibrating technique, mechatronics, artificial neural networks.

Abstract. For the first time in the literature, this article attempts to comprehend the possible applications of artificial neural networks for the design and control of mechatronic vibration installations. It is noted that there are conditions for a systematic combination of initially separate scientific and technical areas. Achievements in the field of mechanics, microelectronics, electrical engineering, computer control, sensors and information technology allow us to talk about the possibility of creating equipment at a fundamentally new level.

Исследуя состояние современной вибрационной техники, обычно отмечают, что это динамично развивающаяся отрасль машиностроения с большим потенциалом и перспективами. При этом подобного рода оценка характерна не только для настоящего времени, но и для технической литературы, имеющей более чем пятидесятилетнюю давность. Авторы, пророчившие бурное и долгое развитие вибрационной технике не только, не ошиблись в своих ожиданиях, но и ничуть не преувеличивали их. Действительно, в истории научно-технической революция можно найти много примеров взлетов и падений в развитии новых направлений и отраслей сферы материального производства, когда актуальная своему времени технология, переживая бурный расцвет затем входила в стадию стагнации и, увядая, заменялась другими, более совершенными технологиями и процессами. Подобного, однако, не случилось с вибрационной

техникой, которая в своем движении вперед не только не потеряла импульс развития, а напротив, все более и более расширяет сферы своего применения, являясь не только альтернативной, но и, зачастую, единственно возможной для внедрения технологией.

В современной России разработкой методов исследования вибрационных процессов и проектированием вибрационной техники занимаются многие ведущие научные организации и институты: ОАО НПК «Механобр – Техника» (Санкт-Петербург), Институт проблем машиноведения РАН (Санкт-Петербург), Санкт-Петербургский государственный технологический институт, Санкт-Петербургский государственный горный институт, Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН (Москва), НИИ «Вибротехнология» ДГТУ (Ростов-на-Дону). Необходимо отметить и успехи иностранных научных организаций, среди которых можно выделить Днепропетровский горный университет (Украина), Рижский технический университет (Латвия), Каунасский политехнический университет (Литва), компанию VIBRA SCHULTHEIS (Германия), компанию Kroosh Technologies Ltd (Израиль) и др.

Анализируя уровень современных разработок, можно отметить, что в своем большинстве они относятся к первому поколению машин. Эффект от их применения основан на использовании гармонического колебательного воздействия. Анализ патентной и патентно-ассоциированной документации показывает, что к основным задачам, которые ставят перед собой как отечественные, так и зарубежные разработчики, относятся увеличение производительности оборудования, повышение качества конечного продукта и оптимизация конструкции. Достижения поставленных целей в своем большинстве предполагается реализовывать путем совершенствования лишь отдельных конструктивных частей оборудования, не меняя принцип его работы в целом.

Как отечественные, так и зарубежные разработчики крайне мало внимания уделяют перспективам применения многочастотного воздействия (псевдогармонического, субгармонического, асимметричного, случайного, хаотического). Несмотря на наличие исследований, демонстрирующих возможности применения эффекта нелинейных колебаний [1], опыт эксплуатации вибрационного оборудования, в котором были бы реализованы специфические асимметричные режимы работы (многочастотная вибрация), фактически отсутствует.

Прежде всего, это связано с рядом сложностей, возникающих на этапе проектирования: при реализации идеи использования эффекта нелинейных колебаний возникают вопросы выбора режимных параметров, составляющих сущность конкретного технического решения. Отсутствие в периодической и научной литературе обоснованной методики создания математических моделей или алгоритмов, позволяющих реализовывать физические модели и масштабные переходы для разрабатываемого оборудования, затрудняют движение в указанном направлении.

Одним из основных достоинств вибрационной техники вообще и вибрационного оборудования в частности является возможность их полной

автоматизации. Достижения из области микроэлектроники и микропроцессорной техники создали условия для нового качественного скачка в функциональных возможностях технических систем, связанных с движением механических устройств.

Вибрационная технология – одна из областей, в которой в наибольшей степени удастся реализовать главную методологическую идею такой бурно развивающейся дисциплины, как мехатроника [2]. Системное сочетание изначально обособленных научно-технических областей: механики, микроэлектроники, электротехники, компьютерного управления, сенсорики и информационных технологий применительно к вибрационному позволяют реализовать подходы к проектированию оборудования на принципиально новом уровне.

Однако по-настоящему о создании нового поколения вибрационного оборудования можно будет говорить лишь после успешного внедрения в практику их проектирования и управления другого современного феномена – искусственного интеллекта (ИИ) на основе искусственных нейросетей (ИНС) [3-5].

Основным, принципиально важным отличием искусственных нейросетей от привычных способов обработки цифровой информации (реализованных на основе жестких алгоритмов), является присущая только ИНС гибкость к обработке данных. К совершенно уникальной возможности ИНС относится способность воспринимать информацию не просто в виде определенного набора отдельных данных, а подходить к ее обработке комплексно, анализируя при помощи алгоритмов, которые сама же нейронная сеть и генерирует. При этом поступающий поток данных может иметь совершенно произвольную и даже многоуровневую структуру.

В основе работы абсолютно любой нейросети лежит концепция обучения на примерах. Чем больше примеров для обучения имеется и чем конкретней сформулирована задача, тем выше качество и точность выдаваемого нейросетью результата.

Следует помнить, что ИНС разного строения по-разному будут ориентироваться на решение поставленной задачи. Однако, обученная на конкретных примерах ИНС не только в состоянии решать задачи аппроксимации нелинейной функции произвольного вида от многих переменных, но и в процессе обработки данных непрерывно самообучаться. Представить подобное для традиционных подходов к обработке данных сложно.

Тот факт, что применение ИНС может быть использовано, как для прогнозирования физико-химических свойств обрабатываемых материалов, так и для предсказания режимов работы (моделирования спектров колебаний), во-первых, многократно облегчает задачу масштабного перехода, а во-вторых, создает прецедент для практического воплощения оборудования нового поколения. Развитие современной цифровой техники подготовило беспрецедентную основу для внедрения ИНС в вибрационную технику и технологию.

Именно в рамках описанного выше концептуального подхода на протяжении нескольких последних лет, опираясь на собственный опыт и

экспериментальные данные, а так же результаты анализа конструкций существующего промышленного оборудования [6, 7], на кафедре «Мехатронные технологические комплексы» в ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет) ведутся работы по практической реализации в химической технологии возможностей ИНС и полезного действия эффекта нелинейных колебаний.

Разработанные мехатронные комплексы включают:

- вибрационные установки для обработки жидких или сыпучих материалов;
- унифицированную периферийную инфраструктуру в виде набора датчиков и аппаратные средства для обработки поступающих с них сигналов;
- программное обеспечение;
- персональный компьютер с оборудованием, предназначенным для управления исполнительными узлами вибрационной установки.

Вибрационные установки позволяют организовать проведение большого числа разнообразных процессов, и реализуют возможность получения практически любых необходимых для обучения ИНС данных.

Несмотря на то, что ИНС обладают неоспоримыми достоинствами, им свойственен и ряд недостатков. Прежде всего ИНС требуют существенных затрат усилий и времени для настройки и описания связей. Также в силу того, что при проектировании ИНС применяется эвристический подход, следует помнить и о том, что система в принципе не даст единственно верное решение и более того, может выдавать ошибку. В этой связи особенно остро встает вопрос подготовки выборки для обучения.

Подводя итог, отметим, что применение современных технологий позволяет с новых позиций подойти к реализации возможностей вибрационного оборудования, применяемого в химической технологии.

На сегодняшний день основная задача ученых и инженеров, занимающихся созданием и совершенствованием вибрационных машин, состоит в том, чтобы шире и свободней взглянуть на исследования этих машин. Выявленные для них новые принципы работы необходимо активно внедрять в существующие и впервые разрабатываемые инновационные технологические процессы. Только применение свежих, смелых и нестандартных решений позволит добиться значительного изменения качества продукции и экономического эффекта.

Распараллеливание вычислительных задач, самодиагностика актуального состояния в пространстве контрольных признаков (на основе опроса датчиков), формирование ассоциативных связей, а также возможность прогноза и обучения ИНС позволяют говорить о создании оборудования нового поколения.

Список литературы

1. Коробчук М.В. Вибрационное смешивание дисперсных материалов при наложении нелинейных колебаний: дисс. ... канд. техн. наук. – Санкт-Петербург, 2012. – 170 с.
2. Мехатроника. Инженерный подход / Под ред. А.Н. Веригина. – СПб.: Изд-во «Лань», 2023. – 644 с.
3. Daniel Graupe. Principles Of Artificial Neural Networks (3rd Edition) // World Scientific Publishing Company, 2013. – 384 p.

4. David M. Himmelblau Accounts of Experiences in the Application of Artificial Neural Networks in Chemical Engineering // Ind. Eng. Chem. Res. 2008, 47, 16, pp. 5782-5796. doi.org/10.1021/ie800076s.
5. Juan Ramon Rabunal, Julian Dorado Artificial Neural Networks in Real-life Applications. – Idea Group Pub, 2006. – 375 p.
6. Коробчук М.В., Веригин А.Н. Аппараты виброперемешивания. Обзор конструкций и тенденции развития // Химическая технология. – 2022. – Т. 23, №2. – С. 80-96. – DOI: 10.31044/1684-5811-2022-23-2-80-96.
7. Коробчук М.В., Веригин А.Н. Мехатронные Вибрационные установки в процессах химической промышленности // Завалишинские чтения 23: Сборник докладов XVIII Международной конференции по электромеханике и робототехнике, Санкт-Петербург, 18-19 апреля 2023 года. – СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, 2023. – С. 134-139.

Сведения об авторах:

Коробчук Максим Васильевич – к.т.н., преподаватель кафедры механики;

Веригин Александр Николаевич – д.т.н., профессор, заслуженный деятель науки России, заведующий кафедрой «Мехатронные технологические комплексы»;

Саенко Савелий Сергеевич – студент.