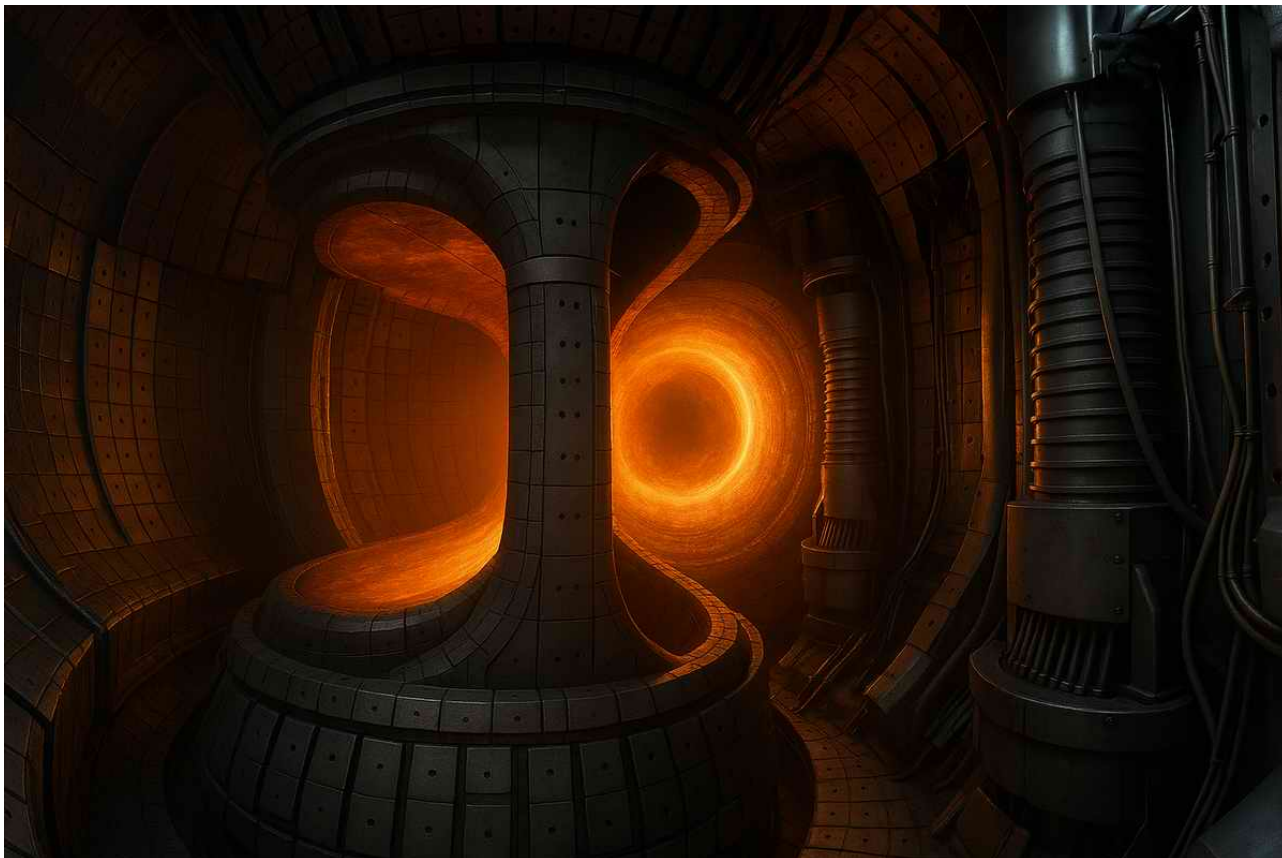


ИИ нашёл «магнитные тени» в термоядерных реакторах и приблизил человечество к чистой энергии



Дата публикации: 21.08.2025

Создание устойчивой и безопасной термоядерной энергетики — одна из главных задач современной науки. Она способна дать человечеству практически неограниченный источник чистой энергии, но на пути стоят огромные технические трудности. Основная проблема связана с тем, что плазма внутри токамака достигает температур, превышающих температуру ядра Солнца, и способна плавить компоненты установки. Поэтому инженерам жизненно необходимо знать, какие области конструкции подвергаются максимальному нагреву, а какие остаются в так называемой «магнитной тени» — зонах, защищённых от прямого контакта с плазмой линиями магнитного поля.

Традиционные расчёты тепловых нагрузок в токамаке занимают десятки минут или даже часы. Каждая симуляция требует сложных вычислений, которые отслеживают тысячи линий магнитного поля и их взаимодействие с трёхмерной геометрией реактора. Однако новая система искусственного интеллекта HEAT-ML сократила этот процесс до миллисекунд. Она использует глубокие

нейронные сети, обученные на базе данных, содержащей более тысячи симуляций, и способна предсказывать расположение магнитных теней в режиме реального времени.

Впервые этот инструмент был протестирован на проекте SPARC — компактном токамаке с высоким магнитным полем, который разрабатывается компанией Commonwealth Fusion Systems совместно с Массачусетским технологическим институтом. Цель SPARC — к 2027 году показать чистый энергетический прирост, то есть генерировать больше энергии, чем потребляет. Чтобы достичь этой цели, необходимо тщательно контролировать тепловые нагрузки на элементы конструкции, в частности на выхлопную систему, где плазма взаимодействует со стенками наиболее интенсивно.

HEAT-ML стал эволюцией предыдущего инструмента HEAT (Heat Flux Engineering Analysis Toolkit), который позволял строить тепловые карты для отдельных элементов токамака, но требовал значительного времени для расчётов. Новый алгоритм действует как «ускоренный мозг» системы: вместо того чтобы вручную отслеживать все линии магнитного поля, он мгновенно определяет области, которые остаются в тени, и тем самым снижает риски перегрева. Это открывает возможности не только для проектирования реакторов, но и для их оперативной настройки во время работы.

Применение подобных технологий имеет далеко идущие последствия. Искусственный интеллект может стать частью систем управления будущих термоядерных установок, которые будут корректировать параметры в реальном времени, предотвращая повреждения оборудования. Кроме того, HEAT-ML создаёт основу для разработки универсального инструмента, применимого к любым конфигурациям токамаков и даже к другим типам установок. Это значит, что каждый новый проект сможет опираться на уже отлаженные модели и двигаться вперёд быстрее.

Термоядерный синтез уже давно рассматривается как ключ к энергетическому будущему человечества. Его преимущества очевидны: практически неограниченный запас топлива (дейтерий и тритий можно получать из воды и лития), отсутствие углеродных выбросов, безопасность по сравнению с традиционной ядерной энергетикой и минимальные радиоактивные отходы. Но главная преграда — экстремальные условия внутри реактора, которые делают эксплуатацию чрезвычайно сложной. Инструменты вроде HEAT-ML помогают преодолеть этот барьер, переводя управление тепловыми процессами на новый уровень.

Открытие магнитных теней и возможность их точного прогнозирования — важный шаг к созданию коммерческих термоядерных электростанций. Если

новые методы будут масштабированы, учёные смогут быстрее проектировать установки, снижать их стоимость и ускорять внедрение в мировую энергетику. Человечество находится на пороге эпохи, когда энергия звёзд может быть использована для питания городов на Земле, и технологии искусственного интеллекта становятся важнейшим инструментом на пути к этой цели.

Ссылка: «Прогнозирование теневого маскирования в плазменных компонентах токамака SPARC с использованием кода HEAT и методов машинного обучения»
DOI: [10.1016/j.fusengdes.2025.115010](https://doi.org/10.1016/j.fusengdes.2025.115010).