

# Роботы, искусственный интеллект и трехмерные модели

## Как прорывы в высоких технологиях помогают при выводе ядерных объектов из эксплуатации

Джеффри Донован

Роботы, беспилотные летательные аппараты (БПЛА), искусственный интеллект (ИИ) и другие новые цифровые технологии, которые уже помогают в реализации проектов по выводу из эксплуатации ядерных объектов по всему миру, будут играть все более заметную роль в этой области, поскольку все больше стран решают демонтировать свои выведенные из эксплуатации ядерные объекты.

Для эффективного осуществления таких проектов и снижения рисков, в том числе финансовых и радиологических, страны обращаются к высокотехнологичным инструментам виртуальной реальности и трехмерного моделирования. Судя по всему, в ближайшие годы по мере постепенного вывода из эксплуатации нескольких стареющих атомных электростанций и других ядерных установок эта тенденция будет только усиливаться.

«Будь то не боящиеся радиации роботы, которые устраняют последствия аварий, таких, например, как авария на АЭС “Фукусима-дайти” в Японии, или технологии трехмерного моделирования, используемые для планирования демонтажных работ на закрытых электростанциях, отрасль вывода из эксплуатации ядерных объектов все чаще оказывается в авангарде технологических инноваций, — говорит Михаил Чудаков, заместитель Генерального директора и руководитель Департамента ядерной энергетики МАГАТЭ. — Эти технологии позволяют получить важнейшие данные для планирования и реализации проектов, особенно в ситуациях, которые могут быть рискованными для людей, тем самым помогая обеспечить безопасное и эффективное выполнение этих работ».

Во всех регионах мира передовые технологии применяются для решения уникальных проблем и продвижения проектов по выводу из эксплуатации. Одним из пионеров в этой области является норвежский Институт энергетических технологий (IFE), который в 2019 году стал центром сотрудничества МАГАТЭ, специализирующимся на поддержке деятельности МАГАТЭ и государств-членов в области цифровизации управления знаниями при выводе из эксплуатации ядерных объектов. IFE одним из первых начал использовать системы виртуальной реальности при выполнении работ по техническому обслуживанию и выводу из эксплуатации на ядерных объектах.

«Эти технологии, включая методы визуализации радиационного загрязнения, используются для обучения персонала, чтобы работники имели представление о радиологических условиях, — говорит Иштван Шоке, руководитель исследовательских проектов в IFE. — Основная специализация IFE — интеграция трехмерных цифровых моделей ядерных объектов с физическими моделями и элементами ИИ, включая модели радиационной физики с динамикой в реальном времени. Это означает, что за визуализацией радиационного загрязнения стоит реальная физика, а соответствующие модели могут рассчитать, например, уровни радиации на местности вблизи подлежащего демонтажу оборудования и визуализировать радиационное загрязнение в целях планирования и обучения». В настоящее время эти методы получают все большее распространение при реализации программ вывода из эксплуатации, в том числе энергетических и исследовательских реакторов, а также при демонтаже установок топливного цикла.

IFE вносит вклад в развитие международного сотрудничества, направленного на создание модульных, интегрированных систем управления информацией, которые применялись бы на протяжении всего процесса вывода из эксплуатации. Это предполагает создание интегрированной системы на основе трехмерного сканирования и автоматизированного проектирования (CAD) или создание моделей управления информацией о здании (BIM), содержащих радиологические и другие данные. Такая модель управляет всей имеющейся информацией, интегрирована с моделями радиологической физики и другими системами, и объединяет их все в единую систему, которая обеспечивает принцип снижения радиологического риска до «разумно достижимого низкого уровня» (ALARA).

Технологии цифрового и трехмерного моделирования также успешно использовались в проектах по выводу из эксплуатации в Италии и Словакии. Итальянская государственная компания «Согин», занимающаяся выводом установок из эксплуатации и обращением с радиоактивными отходами, использовала трехмерное моделирование при подготовке к демонтажу реакторов и обращении с образующимися отходами. Словацкая компания по атомной энергии и выводу из эксплуатации ЯВИС применяла трехмерное моделирование при демонтаже компонентов энергетических реакторов A1 и V1 АЭС «Богунце». Как и IFE, «Согин» и ЯВИС, будучи центрами сотрудничества МАГАТЭ со специализацией

на выводе установок из эксплуатации и обращении с радиоактивными отходами, делятся своими знаниями и опытом с мировым ядерным сообществом.

Применение робототехники также набирает обороты. Эта технология помогает снизить риск для персонала, позволяя ему не приближаться к инструментам, используемым для манипуляций с компонентами, а также повысить эффективность, поскольку автономные и дистанционно управляемые роботы лучше справляются с работой в труднодоступных местах. Мобильные роботы с датчиками и трехмерными системами все чаще используются для сканирования объектов и сбора данных, которые могут быть использованы для построения трехмерных моделей. «Одна из самых насущных задач, стоящих сейчас перед отраслью, — это использование искусственного интеллекта для создания на основе трехмерных изображений, которые сейчас очень легко получать путем сканирования, “умных” BIM-моделей, — говорит Шоке. — Смежная задача — создание “цифровых копий” объектов, которые могут использоваться при выводе из эксплуатации сложных систем, а также для систематизации знаний об объекте на протяжении всего его жизненного цикла».

В 2022 году МАГАТЭ объявило о начале реализации глобальной инициативы, направленной на повышение роли новых и прорывных технологий в выводе из эксплуатации ядерных объектов. Эта инициатива, совместный проект организаций, участвующих в планировании или реализации вывода из эксплуатации и сопутствующей исследовательской деятельности, направлена на распространение информации о новых и прорывных цифровых инструментах и технологиях, используемых в управлении данными, планировании, лицензировании и осуществлении вывода из эксплуатации.

«Цель проекта — задействовать экспертные знания и опыт различных организаций, занимающихся выводом из эксплуатации, чтобы в полной мере реализовать потенциал новых и прорывных технологий», — говорит Елена Миколайчук, руководитель Отдела ядерного топливного цикла и технологии обращения с отходами МАГАТЭ. В 2025 году МАГАТЭ планирует опубликовать отчет, содержащий информацию о результатах проекта и об опыте, полученном в нескольких странах, с целью дальнейшей поддержки успешных проектов по выводу из эксплуатации по всему миру.

**«Робот-собака»:** автономный шагающий робот составляет карту радиационной обстановки вокруг четвертого энергоблока Чернобыльской АЭС. (Фото: Boston Dynamics, США)

