

ТЕХНОЛОГИЯ ДИСТАНЦИОННОЙ ЛАЗЕРНОЙ РЕЗКИ КОНСТРУКЦИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ВЫВОДЕ ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБЪЕКТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ

Е. А. Гуторка, Е. В. Шадрин

ГСК «Реформа», Екатеринбург, Свердловская область

Статья поступила в редакцию 28 января 2026 г.

Вывод из эксплуатации (ВЭ) объектов использования атомной энергии (ОИАЭ) сопровождается необходимостью демонтажа крупногабаритного оборудования, загрязненного радиоактивными веществами, что традиционно связано с повышенными дозовыми нагрузками на персонал и выбросами опасных веществ в окружающую среду. В статье рассматривается технология дистанционной разделительной лазерной резки, как одного из наиболее перспективных методов демонтажа конструкций и оборудования при выводе из эксплуатации объектов использования атомной энергии. Представлены основные технические преимущества данного способа по сравнению с механическими, газовыми и плазменными методами, а также результаты экспериментальных испытаний и опыт его промышленного применения. Показано, что дистанционная лазерная резка обеспечивает возможность разделения конструкций больших толщин, высокую точность и управляемость процесса, а также существенное снижение радиационных рисков для персонала.

Ключевые слова: вывод из эксплуатации, объекты использования атомной энергии, лазерная резка, дистанционный демонтаж, радиоактивно загрязненное оборудование, мобильный лазерный комплекс, радиоактивные отходы.

Введение

ВЭ ОИАЭ является одним из наиболее сложных и ответственных этапов их жизненного цикла. Процесс вывода из эксплуатации осложняется тем, что значительная часть крупногабаритного и толстостенного оборудования, а также сложных строительных конструкций характеризуются наличием радиоактивного загрязнения, что требует применения специальных технологий, обеспечивающих эффективность производства работ и минимизацию дозовых нагрузок на персонал.

Традиционно при демонтаже оборудования используются механические, газовые и плазменные методы резки. В настоящее время в условиях ВЭ ОИАЭ данные методы обладают рядом существенных ограничений, включая необходимость присутствия персонала в зоне ионизирующего излучения, пределы по толщине разрезаемого материала, сложность роботизации. В этой связи актуальной задачей является внедрение дистанционных и автоматизированных технологий демонтажа [1].

Одним из наиболее перспективных направлений является применение технологии дистанционной разделительной лазерной резки, позволяющей практически полностью исключить пребывание персонала в опасной зоне и обеспечить высокий уровень эффективности и управляемости технологического процесса.

Основные особенности технологии дистанционной лазерной резки

Лазерная резка основана на локальном воздействии сфокусированного лазерного излучения высокой плотности энергии на обрабатываемый материал, что приводит к его плавлению и испарению в зоне реза [2]. Данный процесс является управляемым за счет изменения характеристик лазерного излучения в широком диапазоне, что позволяет контролировать и регулировать выбросы аэрозолей и расплавов. Благодаря высокой концентрации энергии излучения обеспечивается формирование узкого и стабильного реза с минимальной зоной термического влияния.

По сравнению с традиционными методами фрагментирования материалов лазерная резка обладает рядом существенных достоинств, особенно значимых при ВЭ ОИАЭ.

Одним из ключевых преимуществ является возможность резки конструкций большой толщины на высокой скорости, отсутствие реактивной струи отдачи и механического сопротивления. В ходе выполненных работ подтверждена возможность разделения металлических элементов толщиной до 500 мм, что для механических и термических методов либо недостижимо, либо требует значительных временных и материальных затрат.

Важным фактором является дистанционность процесса. Применяемые мобильные лазерные комплексы обеспечивают возможность удаленного изменения фокусировки в широком диапазоне от 0,1 до 200 м, что позволяет осуществлять резку сложных пространственных и многослойных конструкций без необходимости поддержания при этом точного заданного факельного зазора. Общее управление процессом лазерной резки осуществляется также дистанционно, в том числе с использованием роботизированных манипуляторов, — это практически полностью исключает присутствие персонала в зоне радиоактивного загрязнения [3].

Лазерная технология характеризуется высокой универсальностью и может применяться для разделения металлических и железобетонных конструкций, а также сложных

пространственных элементов и массивных узлов энергетического оборудования.

На рис. 1 представлено фото проведения испытаний по лазерной резке стального образца толщиной 200 мм, ГСК «Реформа» [4].



Рис. 1. Резка стального листа толщиной 200 мм

Экспериментальные исследования

В 2025 году на производственной базе ГСК «Реформа» в г. Екатеринбурге были проведены комплексные экспериментальные испытания технологии дистанционной лазерной резки. В качестве объектов исследований использовались образцы оборудования, поступившие с Нововоронежской АЭС, а также макет парогенератора, разработанный специалистами компании ГСК «Реформа».

Основными целями испытаний являлись проверка возможности резки крупногабаритных элементов оборудования, демонстрация точности и управляемости процесса при разделении трубных пучков, а также исследование особенностей фрагментации заготовок различной толщины.

В ходе испытаний была выполнена резка макета парогенератора с элементами, имитирующими его корпус с толщиной стенок 60–120 мм, и нержавеющей трубных пучков (рис. 2), применяемых в реальных конструкциях

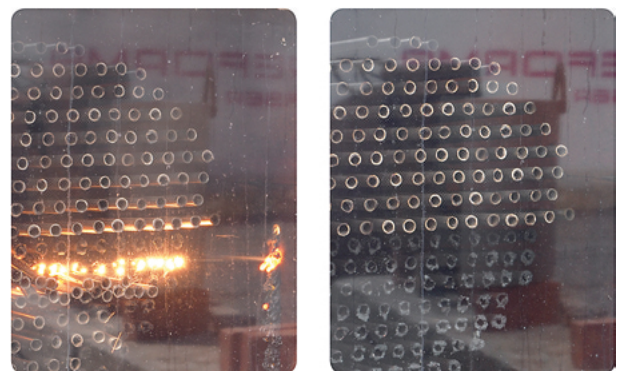


Рис. 2. Резка трубных пучков макета парогенератора

парогенераторов. Полученные результаты подтвердили стабильность процесса, высокую точность реза и возможность эффективного управления параметрами лазерного воздействия.

Видеоотчет испытаний по лазерной резке макета парогенератора и элементов трубопровода ГЦН, проведенных ГСК «Реформа», представлен в [5].

Опыт промышленного применения

Практическое применение технологии дистанционной лазерной резки было реализовано на территории ФГУП «Горно-химический комбинат» (г. Железнодорожск). В ходе работ был выполнен демонтаж парогенератора ПГК-90 с фрагментацией корпуса и трубных пучков (рис. 3).

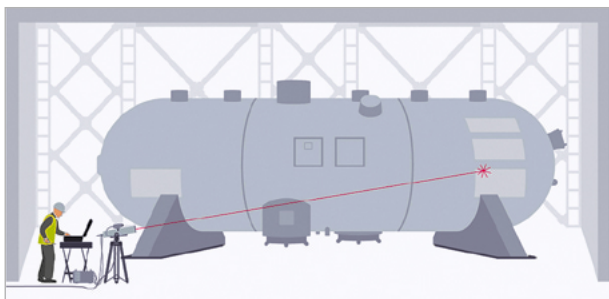


Рис. 3. Изображение процесса демонтажа парогенератора ПГК-90

Все операции проводились с использованием мобильного лазерного комплекса, при этом операторы находились на безопасном расстоянии от зоны радиоактивного загрязнения. Полученный опыт подтвердил возможность надежного и эффективного применения данной технологии в реальных условиях ВЭ ОИАЭ.

Нормативно-методическое обеспечение

По результатам выполненных исследований и практических работ ГСК «Реформа» разработан технический отчет ТО 322.006-2025, в котором систематизирован процесс дистанционной лазерной резки конструкций и оборудования

ОИАЭ. Документ предназначен для формирования нормативной базы применения данного метода в атомной отрасли.

Заключение

Технология дистанционной лазерной резки обеспечивает принципиально новый уровень безопасности и эффективности при демонтаже оборудования и ВЭ ОИАЭ. Возможность его использования для конструкций больших толщин, дистанционное управление и высокий уровень автоматизации позволяют существенно снизить радиационные риски для персонала и повысить эффективность проводимых работ.

Результаты экспериментальных исследований и опыт промышленного применения подтверждают целесообразность и перспективность внедрения данной технологии в практику вывода из эксплуатации объектов использования атомной энергии.

Литература

1. Yeo D. Nuclear Reactor Fuel Element Splitter. US Pat. No. 4000391. Int. Cl. G21C19/36. Filed Aug. 27, 1974. Pub. Dec. 28, 1976.
2. Reich S., Schäffer S., Lueck M. et al. Continuous wave high-power laser propagation in water is affected by strong thermal lensing and thermal blooming already at short distances // Scientific Reports. 2021. Vol. 11. No. 1. Pp. 1–10. DOI: 10.1038/s41598-021-02112-6.
3. Orlinski D. V., Gritsyna V. T. Radiation resistance investigation of quartz glass KU-1 // Problems of Atomic Science and Technology. Series: Plasma Physics. 2000. Vol. 12. Pp. 60–63.
4. ГСК «Реформа». Резка листа толщиной 200 мм из горячекатанной стали — URL: <https://rutube.ru/video/7ec817e09b969c9b53cc7e22c769154e/> (дата обращения: 27.01.2026).
5. ГСК «Реформа». Испытания дистанционной лазерной фрагментации — URL: <https://rutube.ru/video/61a483295f5d499d5f9ed4348067d813/> (дата обращения: 27.01.2026).

Информация об авторах

Гуторка Евгений Александрович, магистр, инженер по эксплуатации мобильного лазерного комплекса, ГСК «Реформа» (620041, Свердловская обл., Екатеринбург, а/я 5), e-mail: e.gutorka@re-id.ru.

Шадрин Евгений Валерьевич, инженер, руководитель проекта, ГСК «Реформа» (620041, Свердловская обл., Екатеринбург, а/я 5), e-mail: pro@re-id.ru.

Библиографическое описание статьи

Гуторка Е. А., Шадрин Е. В. Технология дистанционной лазерной резки конструкций и оборудования при выводе из эксплуатации объектов использования атомной энергии // Радиоактивные отходы. 2026. № 1 (34). С. 16—19. DOI: 10.25283/2587-9707-2026-1-16-19.

REMOTE LASER CUTTING TECHNOLOGY FOR STRUCTURES AND EQUIPMENT DURING THE DECOMMISSIONING OF NUCLEAR FACILITIES

Gutorka E. A., Shadrin E. V.

REFORMA Group of Companies, Yekaterinburg, Sverdlovsk region, Russia

Article received on January 28, 2026

Decommissioning of nuclear facilities involves dismantling of large-scale radioactively contaminated equipment, which is associated with increased radiation exposure of personnel. This paper considers remote laser cutting technology as an advanced method for dismantling structures and equipment during the decommissioning of nuclear facilities. The paper presents main technical advantages of laser cutting compared to mechanical, gas and plasma methods. It discusses the experimental tests and the industrial experience. It shows that remote laser cutting enables processing of thick structures, provides high precision and controllability, and significantly reduces radiation risks for personnel.

Keywords: decommissioning, nuclear facilities, laser cutting, remote dismantling, radioactive contamination, mobile laser system, radioactive waste.

References

1. Yeo D. Nuclear Reactor Fuel Element Splitter. US Pat. No. 4000391. Int. Cl. G21C19/36. Filed Aug. 27, 1974. Pub. Dec. 28, 1976.
2. Reich S., Schäffer S., Lueck M. et al. Continuous wave high-power laser propagation in water is affected by strong thermal lensing and thermal blooming already at short distances. *Scientific Reports*, 2021, vol. 11, no. 1, pp. 1—10. DOI: 10.1038/s41598-021-02112-6.
3. Orłinski D. V., Gritsyna V. T. Radiation resistance investigation of quartz glass KU-1. *Problems of Atomic Science and Technology. Series: Plasma Physics*, 2000, vol. 12, pp. 60—63.
4. Reforma Construction Group. Cutting of 200 mm thick sheet of hot-rolled steel. — URL: <https://rutube.ru/video/7ec817e09b969c9b53cc7e22c769154e/> (accessed on: 27.01.2026).
5. Reforma Construction Group. Remote laser fragmentation tests. — URL: <https://rutube.ru/video/61a483295f5d499d5f9ed4348067d813/> (accessed on: 27.01.2026).

Information about the authors

Gutorka Evgeny Alexandrovich, Master's degree, engineer for the operation of a mobile laser complex, REFORMA Group of Companies (a/z 5, Yekaterinburg, Sverdlovsk region, 620041, Russia), e-mail: e.gutorka@re-id.ru.

Shadrin Evgeny Valerievich, Engineer, project manager, REFORMA Group of Companies (a/z 5, Yekaterinburg, Sverdlovsk region, 620041, Russia), e-mail: pro@re-id.ru.

Bibliographic description

Gutorka E. A., Shadrin E. V. Remote Laser Cutting Technology for Structures and Equipment during the Decommissioning of Nuclear Facilities. *Radioactive Waste*, 2026, no. 1 (34), pp. 16—19. DOI: 10.25283/2587-9707-2026-1-16-19. (In Russian).