Роботизированный ультразвуковой контроль геометрически сложных энергонагруженных компонентов ИТЭР [[1]](#footnote-1)\*)

Королев Ю.А., Лянзберг Д.В., Гурьева Т.М., Ефимов Г.О., Синицына К.А., Пискарев П.Ю.

Акционерное общество «НИИЭФА им. Д.В. Ефремова», Санкт-Петербург, Российская Федерация, [mail@niiefa.spb.su](mailto:mail@niiefa.spb.su)

Для выполнения УЗК энергонагруженных компонентов ИТЭР необходимо решить ряд как методических задач, связанных с отсутствием мировой практики контроля подобных изделий и материалов, так и ряд практических задач, вызванных сложным акустическим поведением материалов и нетривиальной геометрией изделий.

В энергонагруженных компонентах ИТЭР УЗК подлежит ряд соединений, отвечающих за устойчивость облицовки, обращенной к плазме и надежность теплосъемной системы, это:

* соединение стального основания и бронзовой крышки гипервапатрона панелей первой стенки (ППС), выполненное диффузионной сваркой;
* соединение стального основания и бронзовой крышки гипервапатрона Дивертора, выполненное сваркой взрывом;
* паяное соединение бериллиевой облицовки ППС к бронзе гипервапатрона;
* наплавка тонкого медного слоя на вольфрамовую облицовку Дивертора;
* паяное соединение медно-вольфрамовой облицовки Дивертора к бронзе гипервапатрона.

При разработке методического комплекса для выполнения УЗК энергонагруженных компонентов был выбран подход, минимизирующий вероятность ошибки, связанной с человеческим фактором. Для этого при решении задач УЗК используется шестиосевой промышленный робот в качестве манипулятора.

В данной статье сведены результаты применения роботизированных установок УЗК. Также приведены практические результаты исследования пределов выявляемости несплошностей паяного соединения бериллий/бронза и диффузионного сварного соединения бронза/сталь при контроле через бериллиевую облицовку. В статье показано, что соединение бериллий/бронза можно уверенно контролировать с чувствительностью Dэ = 2мм. Для соединения бронза/сталь при контроле через облицовку на стадиях после пайки и после термообработки уверенно выявляются дефекты с Dэ = 2мм в зонах под облицовкой и Dэ = 3 мм в зонах между плитками облицовки. На стадии после проведения вакуумных испытаний облицовка становится неконтролепригодной для УЗК из-за затухания на поверхности бериллия. Но проведение дополнительной термообработки делает бериллий вновь проницаемым для звука. Наиболее эффективным оказался контроль иммерсионными датчиками с частотой от 5 до 7,5 МГц и диаметром пьезоэлемента ½ дюйма.

В выводе делается заключение, что применение роботизированного комплекса для выполнения УЗК позволяет выдержать требования ИТЭР к качеству продукции как на стадии изготовления прототипа, так и в серийном производстве. УЗК на стадии после припайки бериллия может проводится с требуемой чувствительностью, но имеет ряд ограничений, связанных с потерями звука в материале облицовки и в межплиточном пространстве.

1. \*) [DOI – тезисы на английском](http://www.fpl.gpi.ru/Zvenigorod/L/E/en/IS-Korolev_e.docx) [↑](#footnote-ref-1)