

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СОБСТВЕННЫХ И ВЫНУЖДЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ МАКЕТА РКЗ+

**К.Д. Старшинов, В.В. Макаров, А.В. Афанасьев, И.В. Матвиенко, М.В. Пучков,  
Е.А. Ерёмин**

Конструкция рабочей кассеты РКЗ+ с широкими уголками разработана ОКБ «ГИДРОПРЕСС» для АЭС «Дукованы» на базе технического проекта рабочей кассеты третьего поколения (РК-3) для обеспечения возможности ее применения без внесения изменений в систему внутрореакторного контроля SCORPIO.

Конструкция РКЗ+ отличается от успешно эксплуатируемой конструкции РК-3 более широкими уголками, охватывающими по пять периферийных твэлов (в отличие от трех твэлов у РК-3), а также отсутствием трёх несущих труб. Указанные нововведения, прежде всего – увеличение ширины уголка, требуют обоснования вибрационной прочности РКЗ+, поскольку могут привести к изменению как динамических воздействий со стороны потока теплоносителя, так и отклика рабочей кассеты и ее элементов (уголков) вследствие изменения их динамических характеристик.

Экспериментальные работы по обоснованию вибропрочности РКЗ+ включали в себя ресурсные и вибрационные испытания, исследования собственных и вынужденных колебаний полномасштабного макета РКЗ+. В ходе ресурсных испытаний моделировались все воздействия на РКЗ+, характерные для реактора ВВЭР-440 за исключением радиационных. При этом условия испытаний не позволяли проводить измерение вибрационного отклика макета.

В вибрационных испытаниях создавались повышенные по сравнению с реакторными гидродинамические нагрузки со стороны потока теплоносителя за счёт увеличения его расхода. Поскольку вибрационные испытания проводились в «холодной» воде, это позволило выполнить измерения динамических напряжений в элементах РКЗ+ тензорезисторами и вибрации уголков РКЗ+ с помощью бесконтактных лазерных виброметров и получить данные о вибрационном отклике уголков на гидродинамические воздействия со стороны потока, которые затем использованы в качестве исходных данных для расчёта напряженно-деформированного состояния и обоснования циклической прочности уголков.

Для идентификации частот и форм вынужденных колебаний перед вибрационными испытаниями проведены исследования собственных колебаний РКЗ+ в воздухе. В ходе исследований собственных колебаний определены частоты первых трёх балочных форм колебаний макета как целого и уголков в пролетах между ДР.

В рамках исследований вынужденных колебаний определены параметры вибрации уголков РКЗ+ и НДС в потоке теплоносителя при варьировании расхода теплоносителя в пределах от номинального до двукратного. Также был выбран уровень расхода теплоносителя для вибрационных испытаний макета  $Q=1,6 \cdot Q_{\text{НОМ}}$ . При этом расходе амплитуда динамических напряжений в наиболее вибронагруженной измерительной точке в 3,4 раза превосходила амплитуду при номинальном расходе теплоносителя и была в 4 раза ниже предела циклической прочности циркониевых сплавов.