

ИССЛЕДОВАНИЯ ВИБРАЦИИ ТВЭЛОВ ПЕРСПЕКТИВНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ТВС РУ ВВЭР

**В.В. Макаров, А.П. Носенко, А.В. Афанасьев, Ю.В. Егоров, И.В. Матвиенко,
М.В. Пучков**

Надежность топлива реакторных установок (РУ) влияет на безопасность работы АЭС, на экономические показатели производителя топлива и эксплуатирующей организации, на конкурентоспособность атомной энергетики в целом. Основными причинами выхода из строя твэлов для реакторов типа ВВЭР (PWR) являются механические повреждения, вызванные дебрис-частицами, коррозия и фреттинг-износ оболочек твэл в зоне контакта с дистанционирующей решеткой (ДР). В перспективных конструкциях тепловыделяющих сборок (ТВС) РУ ВВЭР применяются решения, направленные на снижение отказов топлива, вызванных дебрис-частицами (установка антидебрисных фильтров), улучшение ремонтпригодности ТВС и уменьшение термомеханических нагрузок на твэл (использование твэлов без крепления в нижней решетке, изменение длин пролетов в нижней части ТВС). При этом, изменения, вносимые в конструкцию ТВС, могут приводить к увеличению амплитуды вибрации твэлов, что в свою очередь снижает вибропрочность ТВС. Это может повлечь за собой возрастание отказов ТВС, связанных с фреттинг-износом. Поэтому для новых конструкций ТВС РУ ВВЭР необходимо обоснование вибропрочности по критерию отсутствия фреттинг-износа в узле контакта “твэл-ДР”.

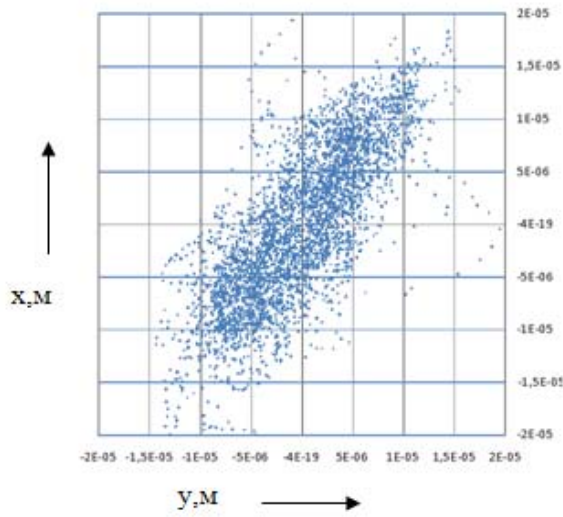
В общем случае, для обоснования вибропрочности необходимо определить предельно допустимые уровни вибрации, не вызывающие фреттинг-износ, сравнить их с уровнем вибрации твэлов, которые возбуждаются потоком теплоносителя в реакторе, и вычислить запас по уровню вибрации твэлов до критического значения.

В ходе испытаний решались следующие задачи:

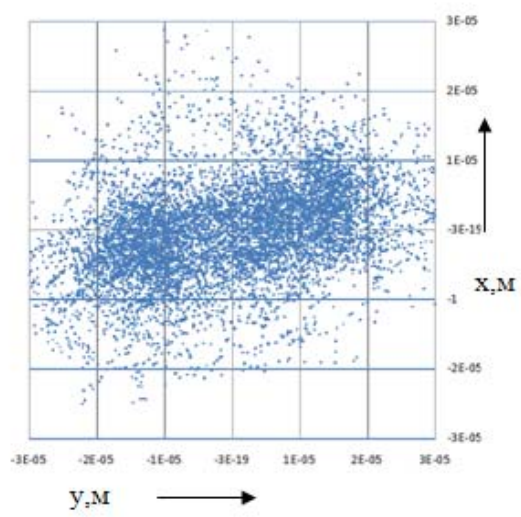
- определение перемещений и скоростей средин пролетов твэлов, расположенных в периферийном ряду при гидродинамическом возбуждении вибрации;
- определение влияния расхода на вибрационный отклик твэлов;
- определение влияния имитации выгоревшего состояния на вибрационный отклик твэлов;
- определение влияния длин пролетов на уровень вибрации;
- определение влияния установки антидебрисных фильтров на параметры вибрации.

В результате экспериментальных исследований было получено, что колебания твэлов происходят в виде широкополосной случайной вибрации и на детерминированных частотах, совпадающих с оборотной и лопаточной частотами циркуляционного насоса. Во втором и третьем пролетах для некоторых твэлов, помимо детерминированных частот, наблюдаются колебания на частотах, близких к собственным для данных пролетов. Были определены обе горизонтальные компоненты вибрации, что позволило построить траектории движения твэла (см. рисунок).

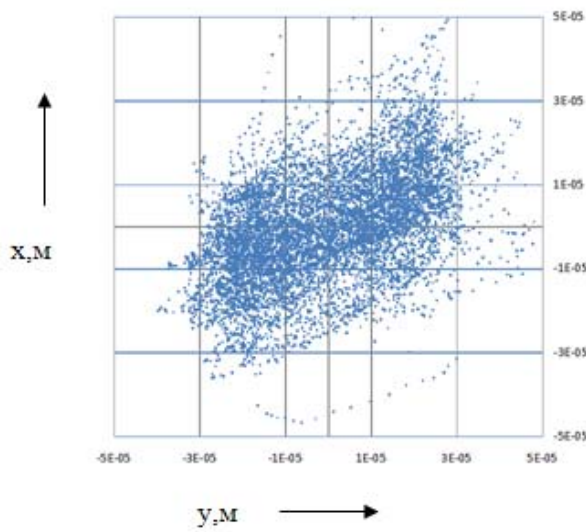
Для большинства твэлов отмечен рост перемещений и скоростей при увеличении расхода, рост в большинстве случаев является линейным. Установка антидебрисных фильтров обеих конструкций снижает общий уровень колебаний твэлов.



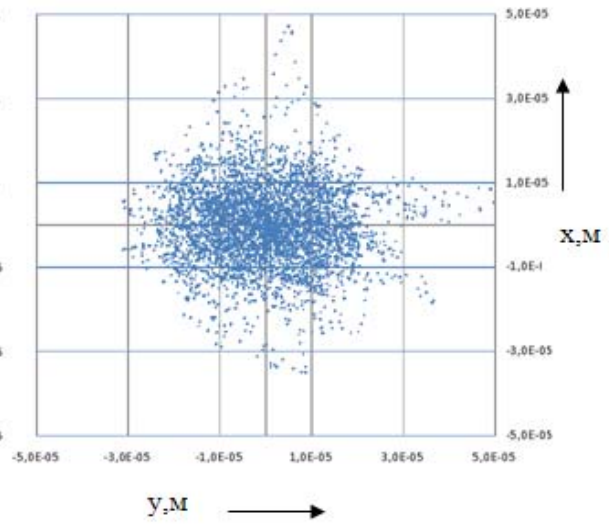
а



б



в



г

а – первый пролет; б – второй пролет; в – третий пролет; г – пятый пролет

Положения середин пролетов твэлов ТВС