

ОЦЕНКА ПОДРОСТА ДЕФЕКТОВ В ЗОНЕ УЗЛА СОЕДИНЕНИЯ КОЛЛЕКТОРА ПЕРВОГО КОНТУРА С ПАТРУБКОМ ДУ1200 ПАРОГЕНЕРАТОРА

М.Е.Курдин, С.А.Харченко, Л.А.Лякишев

Первые повреждения зон соединения коллекторов теплоносителя с патрубками парогенераторов Ду 1200 были обнаружены в 1998 году. Последующие металлографические и фрактографические исследования металла зоны повреждения показали, что разрушение происходило по механизму замедленного деформационного коррозионного растрескивания с поражением больших объемов металла, механизму, который проявляется при одновременной реализации четырех факторов, исключение любого из которых делает невозможным данный механизм. В число этих факторов относятся высокий уровень напряжений, температуру в определенном диапазоне, низкую скорость деформаций и наличие коррозионно активной среды.

Экспериментальные исследования образцов, проводившиеся в «ЦНИИТМАШ», показали, что сталь 10ГН2МФА, из которой изготавливаются коллектора и корпуса парогенераторов ПГВ-1000 и ПГВ-1000М, имеет склонность к замедленному коррозионному растрескиванию при одновременном действии вышеозначенных факторов, температуры металла от 160 до 290 °С, уровня напряжений выше 0.7 от предела текучести, низкой скорости деформаций (порядка $5 \cdot 10^{-5} \text{ с}^{-1}$) и наличия коррозионно активной среды.

С целью решения данной проблемы была сформирована программа работ, включавшая в себя мероприятия, направленные на исключение или снижение факторов необходимых для запуска замедленного деформационного коррозионного растрескивания, разработку систем, позволяющих исключить дефицит безопасности, вызванный быстрым развитием дефектов и плохой их выявляемостью системами ультразвукового контроля, а также расчетных методик оценки поведения потенциальных дефектов, расположенных в зоне сварного соединения №111.

Одной из мер направленной на исключение существующего дефицита безопасности была разработка концепции, построенная на тех же принципах, что и концепция течь перед разрушением для трубопроводов, применение которой для сварного соединения №111 формально невозможно. В результате проделанной работы было определено, что растущий от внутренней поверхности кармана коллектора дефект выйдет на поверхность раньше, чем станет критическим. Были сформулированы требования к системе контроля течи, которая сможет гарантированно выявлять течь через вышедший на поверхность дефект до того, как он не станет критическим. На настоящий момент парогенераторы ПГВ-1000М оснащаются данными системами.

Следующим важным этапом была совместная работа «ЦНИИТМАШ» и «ГИДРОПРЕСС». В рамках данной работы были установлены проектные режимы эксплуатации потенциально опасные с точки зрения ЗДКР. Эксперименты с образцами из стали 10ГН2МФА в автоклавах со шламом, подвергаемых циклически меняющимся нагрузкам, позволили получить характеристики металла S_0 и m из уравнения Пэриса для случая реализации замедленного коррозионного деформационного растрескивания. Это позволило создать методику численной оценки подраста дефекта расположенного в зоне сварного соединения. Данная методика введена в опытно промышленную эксплуатацию эксплуатирующей организацией.

Разработанная «ЦНИИТМАШ» и ОКБ «ГИДРОПРЕСС» методика была использована для оценки подраста потенциальных трещин, расположенных в зоне галтельного перехода кармана коллектора.

Данная работа была выполнена в два этапа, на первом с использованием трехмерных конечноэлементных моделей, были получены НДС для парогенераторов РУ большой и

малой серии в режимах, параметры протекания, которых отвечают необходимым условиям запуска механизма замедленного коррозионного деформационного растрескивания.

На втором этапе, с использованием методики, была проведена оценка подроста исходных полуэллиптических дефектов глубиной 5 мм с соотношением полуосей 2/3.

Оценка подроста проводилась для последовательности режимов «разогрев до горячего состояния» - «подъем мощности» - «номинальный режим» - «снижение мощности» - «расхолаживание», данная последовательность характеризуется наибольшим изменением коэффициента интенсивности напряжений в цикле.

Подрост дефектов рассматривался для поля напряжений, действующих вдоль линии соединяющий внутреннюю поверхность кармана с наружной. Распределения напряжений принимались вдоль периметра кармана с шагом 10 градусов. Определение коэффициентов интенсивности напряжений проводилось с помощью аналитических зависимостей для полуэллиптической трещины в цилиндрическом объеме.

В результате были получены зависимости глубины дефектов, с учетом их подроста, от числа циклов «разогрев до горячего состояния» - «подъем мощности» - «номинальный режим» - «снижение мощности» - «расхолаживание». Результаты оценки подроста дефектов для карманов горячих коллекторов представлены в виде графиков на рисунках 1 – 2. На графиках представлена глубина подросшего дефекта через определенное число циклов.

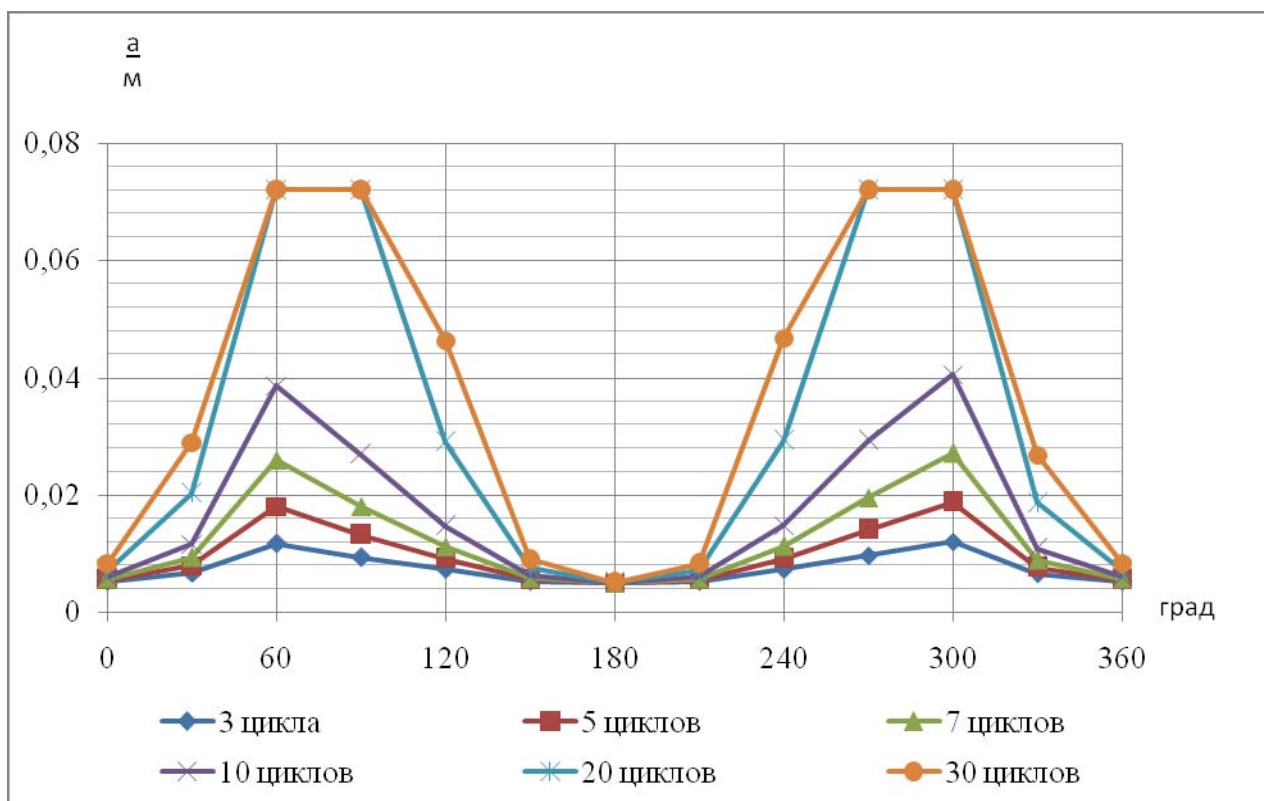


Рисунок 1 – Зависимость глубины трещин от числа циклов нагружения (холодный коллектор большая серия)

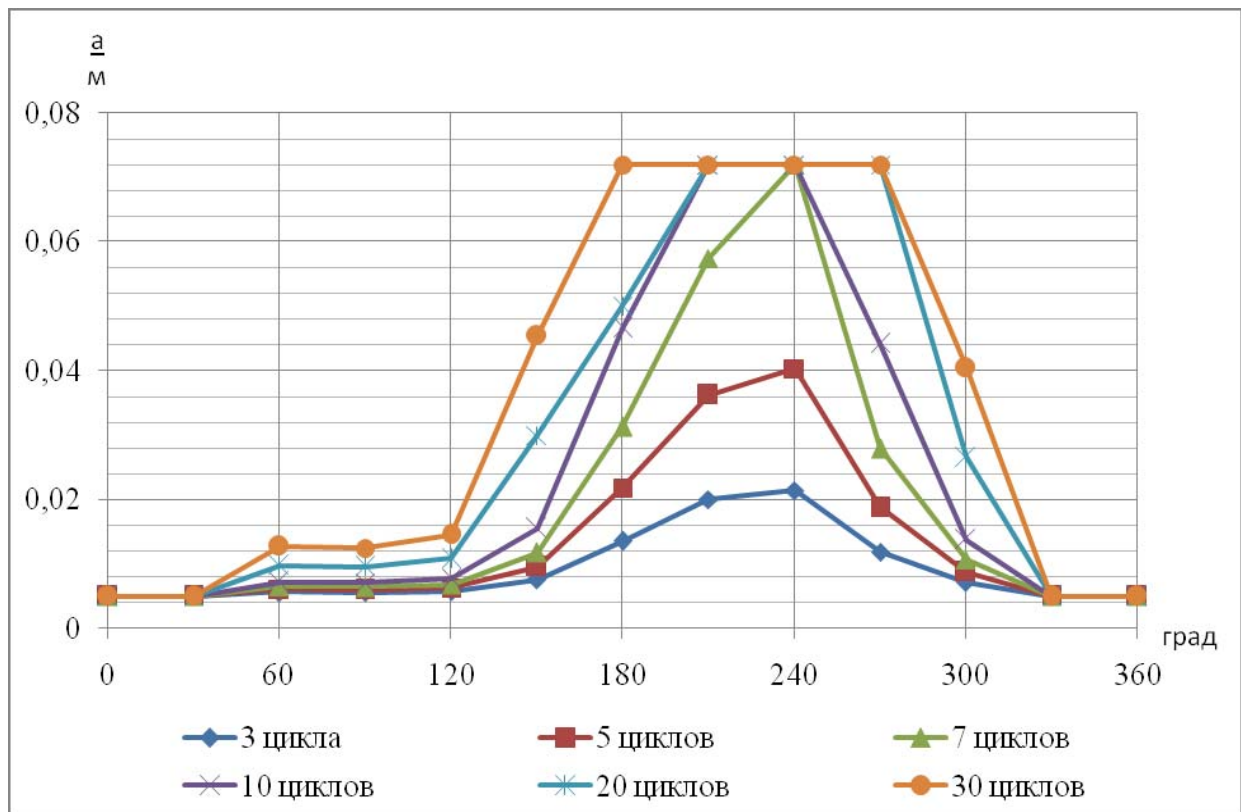


Рисунок 2 – Зависимость глубины трещин от числа циклов нагружения (горячий коллектор большая серия)

Из полученных результатов следует, что исходные полуэллиптические дефекты глубиной 5 мм могут интенсивно развиваться в условиях замедленного деформационного коррозионного растрескивания и становятся сквозными за семь циклов нагружения, если они расположены вблизи зоны пика осевых напряжений, для дефектов удаленных от этих зон число циклов до выхода на поверхность может превышать 30 и более. В тоже время, для того чтобы дефект стал сквозным за один цикл нагружения «разогрев до горячего состояния» - «подъем мощности» - «номинальный режим» - «снижение мощности» - «расхолаживание», он должен иметь существенную глубину, более 30 мм.