

Коростылёв Л. И. , д. т. н., проф.,

Литвиненко Д. Ю. , магистр,

Национальный университет кораблестроения, г. Николаев

АНАЛИЗ РАСПРОСТРАНЕННЫХ В МИРОВОЙ ПРАКТИКЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ УСТАЛОСТНОЙ ПРОЧНОСТИ СВАРНЫХ ТОНКОСТЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

УДК 539.431

В последние десятилетия в связи с тем, что проблема усталостной прочности судов и морских сооружений приобрела особую актуальность вследствие причин, указанных в [1], разработано ряд методов и методик оценки усталостной прочности судовых конструкций.

В соответствии с [2], на данный момент в мировой практике распространены такие методы оценки усталостной прочности: номинального напряжения (nominal stress approach), напряжения в горячей точке (hot spot stress approach), локального напряжения (notch stress approach), локальной деформации (notch strain approach), прогнозирования роста трещины (crack propagation approach), локальной интенсивности напряжений (notch stress intensity approach).

Метод номинального напряжения [2] – [7] предполагает типизацию мест возможного зарождения трещин усталости (критических областей) узла сварной конструкции согласно классификации таких областей, которая представлена, например, в [3] – [5]. Примеры типизации критических областей можно найти в [6]. Дальнейшие шаги по определению усталостного повреждения методом номинального напряжения включают корректировку кривой усталости и расчет усталостного повреждения по вероятностной схеме. Последнее выполняется согласно [3], [5] – [8]. Корректировка кривой усталости, как указано в [2], [4], [5], [7], позволяет учесть асимметрию цикла напряжений и отличие толщины рассматриваемого конструктивного элемента от эталонной.

Метод напряжения в горячей точке [2] – [7] предполагает определение с помощью МКЭ или экспериментальных методов напряжений на малом участке перехода от основного металла к металлу шва, так называемой «горячей точке», где находится очаг зарождения трещины усталости [6]. Конструктивные напряжения в

горячей точке (hot spot stress) σ_{hs} включают эффекты макроконцентрации, вызванные особенностями геометрии и формы конструктивного элемента, но не включают прирост напряжений, обусловленный наличием сварного шва [4]. Схемы для определения конструктивных напряжений можно найти в [2] – [7]. Кривые усталости для расчетов по данному методу можно найти в [4] и [7], в [5], [6] рекомендуется использовать для расчетов S-N кривую класса усталости D .

Совершенствование CAE систем служило толчком к разработке метода локального напряжения [2] – [7], [9], [10]. Согласно данному методу места возможного начала усталостного разрушения, корень шва и «носик шва» (место перехода от основного к наплавленному металлу), моделируются идеализированно – дугой радиусом 1 мм, как указывается в [2] – [6], [9], [10]. Также возможно приближенное моделирование действительного профиля шва [9]. Для оценки усталостной прочности стальных конструкций используется всего одна S-N кривая класса усталости 225. Схема расчета усталости с использованием данного метода представлена на рис. 1 [10].

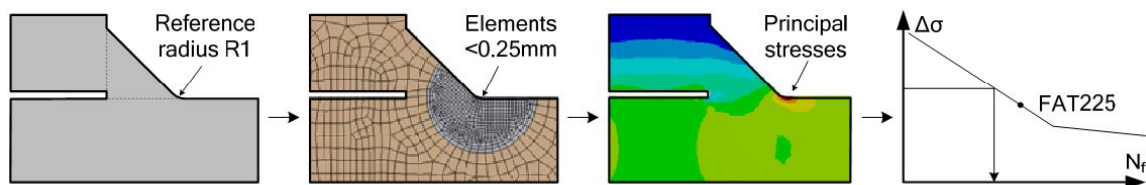


Рис. 1. Схема расчета усталости с использованием метода локальных напряжений

После определения коэффициентов концентрации с помощью методов напряжения в горячей точке и локального напряжения, расчет усталостного повреждения выполняется по вероятностной схеме, аналогично тому, как указано выше.

Описанные выше методы, в которых параметром, определяющим усталостное повреждение, выступает размах напряжений, широко применяются в судостроении для оценки ресурса конструкций до появления трещины определенного размера. Это обусловлено тем, что в случае судовых конструкций основной вклад в усталостное повреждение вносят нагрузки умеренного и невысокого уровня, а для расчетов усталости при таких уровнях нагрузки принято использовать S-N кривые. Методы локальной деформации, локальной интенсивности напряжений и прогнозирования роста трещины усталости описаны в [2].

Выводы. Метод номинального напряжения является наименее трудоемким из методов, в которых определяющим усталостное повреждение параметром выступает напряжение. При этом он лишь приближенно учитывает ряд индивидуальных параметров каждой конструкции, таких как характеристики материала, геометрические параметры и т. п. К тому же типизация критической области может оказаться затрудненной из-за особенностей передачи усилий в соединении. Поэтому в настоящее время он используется лишь для предварительной оценки усталостной прочности конструкций [6]. Методы локального напряжения и напряжения в горячей точке являются более совершенными, однако и они обладают рядом недостатков, которые описаны в [6].

Список использованных источников 1. **Bertram, V.** Fatigue of maritime structures – a wider view [Text] / V. Bertram. – Ensietia. – Brest/France. 2. **Radaj, D.** Fatigue assessment of welded joints by local approaches. Second edition [Text] / D. Radaj, C. M. Sonsino, W. Fricke. – Cambridge: Woodhead Publishing Ltd., 2006. – 639 p. 3. Fatigue assessment of ship structures [Text] // IACS Recommendation. – July 1999. – № 56.1. – 27 p. 4. **Hobbacher, A.** Recommendations for fatigue design of welded joints and components [Text] // International Institute of Welding. – doc. XIII-2151r4-07/XV-1254r4-07. – Paris, France, October 2008. – 144 p. 5. Fatigue design of offshore steel structures [Text] // Recommended Practice. – 2005. – DNV-RP-C203. – 126 p. 6. **Петинов, С. В.** Эксплуатационная прочность и надежность конструкций [Текст] / С. В. Петинов. – Ч. 1. – СПб.: Политехнический университет, 2012. – 89 с. 7. Fatigue assessment of ship structures [Text] // Recommended Practice. – 2010. – Classification notes No. 30.7. – 108 p. 8. **Коростильов, Л. І.** Використання імовірнісної схеми в експериментально-теоретичному методі оцінки втомної міцності конструкцій суден і морських споруд [Текст] / Л. І. Коростильов, Д. Ю. Литвиненко // Матеріали III Міжнар. наук.-техн. конф. «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці». Миколаїв, 2012. – С. 144 – 147. 9. **Fricke, W.** Guideline for the Fatigue Assessment by Notch Stress Analysis for Welded Structures [Text] / W. Fricke // International Institute of Welding. – IIW-Doc. XIII-2240r2-08/XV-1289r2-08. – Hamburg University of Technology Ship Structural Design and Analysis, July 2010. – 144 p. 10. **Pedersen, M. M.** Experience with the Notch Stress Approach for Fatigue Assessment of Welded Joints [Text] / M. M. Pedersen, O. Ø.

Mouritsen, M. R. Hansen, J. G. Andersen // Proceedings of the Swedish Conference on Light Weight Optimized Welded Structures. –Borlänge, Sweden, March 2010.