

Ю.Н.Коробанов, проф., д-р техн.наук

П.А.Долгов, студент

А.А.Коробанова, студентка

Национальный университет кораблестроения, г. Николаев

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕХАНИКИ РАЗРУШЕНИЙ НА НАЧАЛЬНЫХ СТАДИЯХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

УДК 629.5:004

Существует мнение, что трещины существуют в корпусных конструкциях еще до начала их эксплуатации. Они могут распространяться и в процессе эксплуатации. Это явление привело к описательной фразе «конструкция терпимая к повреждению». Основа этой философии состоит в росте разрушений до тех пор, пока это не становится критическим, и часть конструкций выходит из эксплуатации.

Инструмент анализа возникновения трещин в корпусных конструкциях является линейно упругая механика разрушений (ЛУМР). Осмотр и текущий ремонт являются существенными в устранении отдельных узлов и деталей детали прежде, чем трещины достигнут катастрофического размера. В случае угрозы человеческой безопасности, всему судну или грузу периодические осмотры трещин дают основания для их ликвидации в рамках планово предупредительного ремонта.

На основании сказанного целесообразно кратко оценить некоторые аспекты, необходимые для потенциального знакомства, с природой возникновения трещин на начальных стадиях проектирования корпусных конструкций.

Тема эта слишком обширна, чтобы описать её в деталях, но прежде чем обратиться к более сложному изложению следует на основании упругих факторов концентрации напряжения определиться с признаками трещинообразования. Анализ возникающих нагрузок способных вызвать начало пластической деформации, которая может вызвать усталостное разрушение.

Однако, факторы концентрации напряжения ограничены структурами, у которых все характеристики точно не известны. При возникновении трещины образуется дефект конструкции неизвестного малого радиуса. Поскольку радиус оконечности трещины приближается к нулю, то это делает бесполезный подход фактора concentra-

ции напряжения. Кроме того, даже если радиус кривизны оконечности трещины известен, то высокие местные усилия там приведут к местной пластической деформации, окруженной областью упругой деформации. Упругие факторы концентрации напряжения больше не действительны для этой ситуации, поскольку не приводят к критериям, полезным для проектирования корпусных конструкций, в случае возникновения очень острых трещин. Поскольку острые ломкие трещины растут с измерениями внутренней энергии, то требуется изложить новый подход к оценке распространения трещин.

Тем кому доводилось наблюдать за распространением трещин, тот заметил, что распространение их сопровождается раскалывающимся шумом. Этот шум свидетельствует о сравнительно медленном росте трещин, поскольку к трещине должна поступить энергия от области напряжений непосредственно к трещине. Иногда трещины могут быть устойчивыми и не прогрессирующими.

Для бесконечной пластины, нагруженной равномерно распределенными напряжениями σ , трещину можно представить в виде эллипса, нагрузка на который действует поперек его большей полуоси. Максимальные напряжения, действующие в такой трещине можно определить выражением

$$\sigma_{\max} = (1 + 2 a/b) \cdot \sigma;$$

где a и b – полуоси эллипса трещины.

Когда полуоси равны, то эллипс превращается в окружность и тогда максимальные напряжения будут превышать растягивающие в три раза, что подтверждается задачей Кирша для бесконечной пластины. С другой стороны если отношение $b/a = 0$, тогда a/b будет стремиться к бесконечности, а следовательно и напряжения такой трещине приближаются к бесконечности. Однако в практике распространения трещин такого не происходит, поскольку появление трещины перераспределяет действующие напряжения на соседние корпусные конструкции. Кроме того, бесконечно острая трещина является гипотетической абстракцией, которая физически не возможна, в силу того, что в районе острия трещины происходит пластическая деформация.

Образование трещин соответствует, в основном, трем схемам, одна из них в растяжимой области, вторая в сдвиговой и третья в режущей (или рвущей). Первая схема образования трещин является наиболее распространенной в корпусных кон-

струкциях. Однако в силу сложности напряженно – деформативного состояния судовых корпусных конструкций все перечисленных схемы могут возникать одновременно.

При оценке потенциальной возможности образования трещин принято использовать фактор интенсивности напряжений. Фактор интенсивности напряжений определяется функциями геометрии, размеров и формы трещины. Также он зависит от типа действующей нагрузки. Фактор интенсивности напряжений не следует путать с коэффициентом концентрации напряжений. Фактор интенсивности напряжений можно представить зависимостью

$$K_I = \beta \sigma \sqrt{\pi a};$$

где: β – модифицированный фактор интенсивности напряжений, σ – действующие напряжения, a – ширина трещины.

Таким образом, представленный материал заслуживает своего применения в теории трещинообразования при оценке жизнедеятельности судовых корпусных конструкций. В практике механики разрушений накоплен большой экспериментальный опыт образования трещин для разнообразных случаев их возникновения. Это позволит в дальнейшем апробировать один из методов граничных элементов с последующей адаптации его в АСУП.