

УДК 621.873

Б.В. Барский (асп., каф. ПТСМ), К.П. Манжула, д.т.н., проф.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОЦЕНКИ ДОЛГОВЕЧНОСТИ, ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ И ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ МАШИН

Разрабатываемый программный комплекс (ПК) позволяет рассчитывать долговечность, трещиностойкость и остаточный ресурс узлов конструкций грузоподъемных машин (ГПМ) в зависимости от их режима работы, конструктивно-технологического исполнения сварных соединений. ПК имеет модульную структуру с графической интерфейсной оболочкой, обеспечивающие схемное представление конструкции, моделирование нагрузок по типовым технологическим циклам работы, расчет номинального и локального напряженно-деформированного состояния (НДС), циклической долговечности, анализ исходной и расчетной информации на разных этапах расчета и ее графическое представление. Укрупненная схема ПК показана на рис.1.



Рис.1. Укрупненная схема ПК

В основе ПК лежат расчетные модели, отражающие физико-механические процессы усталостного повреждения и разрушения, позволяющие моделировать процессы зарождения и развития усталостных трещин в сварных соединениях металлоконструкций при многоцикловом нагружении.

В соответствии со схемой (рис. 1) работу ПК можно разделить на следующие этапы:

- формирование конструкции крана;
- расчёт жесткостных характеристик сечений;
- формирование типовых технологических циклов (ТТЦ) работы машины;
- расчет номинального НДС в элементах конструкции и локального НДС в рассматриваемом узле;
- расчет усталостных характеристик соединения, долговечности до зарождения микро-, мезо- и макротрещин, расчет трещиностойкости.

При формировании расчетной схемы ГПМ ее металлическая конструкция схематизируется конечно-элементной стержневой моделью с пространственными балочными элементами. Формирование ведется пользователем по координатам узлов с одновременной

графической интерпретацией. Сначала задаются узлы конструкции, которые соединяются балочными элементами в конечно-элементную модель крана. С помощью «редактора сечений» по узловым точкам формируются сечения элементов и рассчитываются их жесткостные характеристики. Сечения из тонкостенных листов могут быть разомкнутыми, замкнутыми, комбинированными. Полученная модель конструкции ГПМ сохраняется в базе данных.

На следующем этапе формируются нагружение конструкции, которое может быть циклически регулярным, блочным или случайным. Формирование блочного нагружения ведется по ТТЦ работы машины, графическим перемещением на экране всей конструкции или ее отдельных частей, имитирующим реальные процессы подъема, опускания и транспортирования груза. При формировании ТТЦ учитываются инерционные силы от масс груза и подвижных частей конструкции.

Расчет номинального НДС осуществляется методом конечных элементов (МКЭ) с первоначальным определением моментов и сил в стержнях и последующим расчетом напряжений в выбранном для дальнейшего анализа узле. Процесс расчета НДС повторяется для каждой ступени ТТЦ. По окончании расчета программа выводит спектр напряжений в рассчитываемом узле для всех ТТЦ. Полученные напряжения схематизируются методом «потока дождя» и используются для анализа усталостных характеристик и трещиностойкости сварного соединения.

Расчет усталостных характеристик и трещиностойкости ведется по «горячим точкам» в сечении, соответствующим типовым сварным соединениям, для которых должны быть заданы геометрические параметры, механические и усталостные свойства металла расчетной зоны, сварочные остаточные напряжения. Предусмотрен расчет указанных характеристик для двух случаев, в зависимости от положения локальной расчетной зоны в сварном соединении: расчет по зоне сопряжения основного металла с металлом шва; расчет в вершине конструктивно-технологического непровара.

В первом случае расчет базируется на четырехстадийной модели многоциклового усталостного разрушения, рассматривающей процессы упругопластического и неупругого деформирования металла околошовной зоны при многоцикловом нагружении, рассеянного накопления повреждений, условия зарождения усталостных микротрещин в поле упругопластических деформаций, формирование и развитие макротрещины до граничных размеров в поле упругих напряжений от сварки и внешней нагрузки.

Во втором случае конструктивно-технологические непровары рассматриваются, как готовые трещины. Производится оценка коэффициентов интенсивности напряжений (КИН) в вершине трещины. Предусмотрен расчет КИН по различным, известным зависимостям. В настоящий момент в ПК предусмотрен расчет КИН только для крестовых и тавровых по форме соединений. Скорость роста трещины может быть определена по формуле Пэриса или модифицированной формуле Элбера.

В обоих случаях ПК позволяет строить для сварного соединения кривые Френча и Велера при условном регулярном нагружении, оценивать долговечность, трещиностойкость и остаточный ресурс узла при нерегулярном нагружении.