

УДК 622.673.1

Повышение прочности конструкций горных машин в условиях длительной эксплуатации

А.Д. МЕХТИЕВ, к.т.н., зав. кафедрой ТСС,
В.В. ЮГАЙ, ст. преподаватель кафедры ТСС,
В.И. ЭЙРИХ, преподаватель кафедры ТСС,
А.Е. ШЕСТАКОВ, студент гр. РЭТ-08-4.

Карагандинский государственный технический университет

Ключевые слова: тормозное устройство, подъемная машина, тормозная балка, усталостная трещина, моделирование напряжение, деформация.

Обеспечение надежности работы тормозного устройства (ТУ) шахтной подъемной машины (ШПМ) требует научного поиска рационального варианта конструкции, способной длительное время противостоять усталостному разрушению, позволяющей сохранять свою работоспособность на протяжении длительной эксплуатации. Программа ANSYS позволяет моделировать напряженно-деформированное состояние элементов ТУ и заменить громоздкие натурные испытания экспериментальных образцов. Путем моделирования удается найти оптимальный вариант усиленной конструкции, с более высокими параметрами прочности и надежности, а также разработать практические рекомендации для восстановления и проведения ремонта ТУ ШПМ. Применение методики выбора рационального вида усиления конструкции в «аварийно-опасных зонах» возникновения усталостных трещин в зависимости от параметров эксплуатационного нагружения позволяет продлить срок эксплуатации ТУ. При помощи элементов усиления можно локализовать и остановить рост усталостных трещин в элементах ТУ.

Обеспечение надежности работы ТУ шахтной подъемной машины становится все более актуальным, так как нагрузка резко увеличивается в связи с увеличением добычи полезных ископаемых. Увеличение нагрузки напрямую влияет на износ и отказы элементов тормоза. Важным фактором является значительный срок эксплуатации подъемных установок, который составляет в среднем 30...40 лет [1]. В процессе подъема или спуска груза необходимо учитывать резко переменный характер нагрузки на тормозное устройство. Значительные пиковые нагрузки на элементы тормоза возникают при резких остановках органа навивки каната в момент аварийных ситуаций. Немаловажное значение имеет количество циклов работы тормоза в течение суток, которое составляет от 500 до 1500 «спусков и подъемов» [1]. Эти факторы способствуют развитию в элементах тормозного устройства усталостных трещин, которые в процессе эксплуатации могут развиваться и привести к разрушению конструкции. Прогнозировать развитие и образование таких повреждений сложно, единственным наиболее доступным и надежным методом является дефектоскопия. По данным [2], усталостные трещины образуются в месте проушины, где крепятся втулки тормозных тяг. После выявления повреждений в элементах

тормозной балки необходимо произвести ее ремонт или замену. Замена балки сопряжена со значительными экономическими и трудовыми затратами, так как требует разборки коренных частей подъемной машины, а также вызывает ее простой. Ремонт сводится к разделке и завариванию трещины электродуговой сваркой. Такой способ не обеспечивает надежной работы конструкции, так как в процессе эксплуатации возможно продолжение развития трещин.

Учитывая эти обстоятельства, необходимо повысить прочность тормозной балки путем усиления ее конструкции в «слабых местах», где присутствуют концентраторы напряжений и со временем образуются усталостные трещины. Усиление ТУ ШПМ позволяет существенно повысить их долговечность.

Известно, что детали тормозного устройства надежно выполняют свои функции лишь в начальный период эксплуатации [1]. Часто они разрушаются по усталостным причинам, связанным с воздействием повторяющихся циклических нагрузок. Концентраторы напряжений уменьшают долговечность при циклических нагрузках и образуют «слабые места» в конструкции ТУ. Уменьшение усталостной прочности в конструкции балки отмечено в зонах 1 и 2, а также в зонах сварных швов верхней и боковых граней (рисунок 1), что связано с изменением околошовной зоны и концентрацией напряжений.

Анализ усталостного разрушения металла тормозной балки с учетом фактора циклической нагрузки показал, что основными факторами развития усталостных трещин являются: амплитуда напряжений и деформации; длительность и количество циклов. В процессе развития разрушения наблюдается переход от скрытой (тонкой) к наружной (широкой) трещине. Это объясняется усталостью металла, сопровождающейся накоплением повреждений в области границ зерен металла от цикла к циклу. Характер развития трещин в конструкции моделирован с использованием программы ANSYS и приведен на рисунке 2.

Задачи повышения прочности и обеспечения надежности работы тормозной балки ШПМ сводятся к выбору способа усиления конструкции, исключая возможность дальнейшего усталостного разрушения, связанного с многократными циклами приложения нагрузок к элементам тормоза в процессе его эксплуатации.

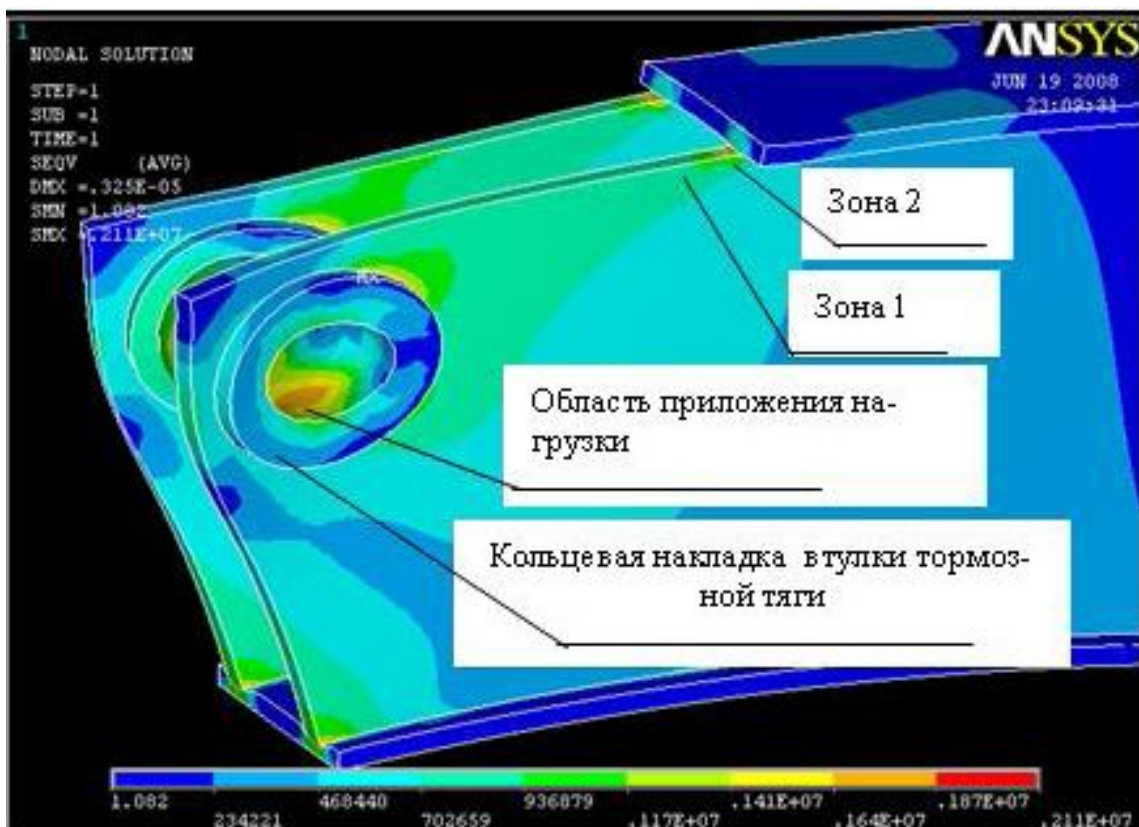


Рисунок 1 – Графическое отображение модели типовой конструкции тормозной балки с «аварийно-опасными зонами» усталостного разрушения 1 и 2

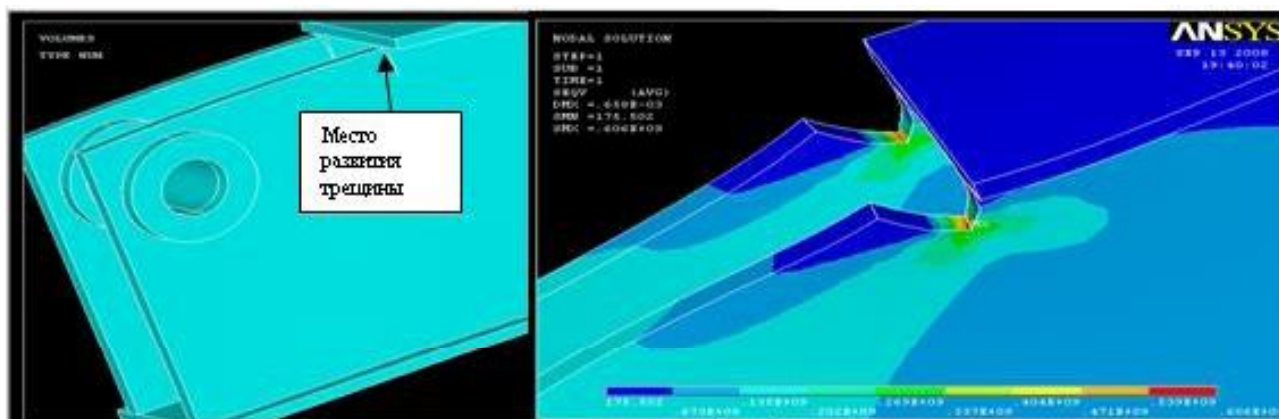


Рисунок 2 – Графическое отображение развития усталостной трещины в аварийно-опасной зоне 1

Накладными элементами усиления могут быть дисковая накладка, ребро, кольцевая накладка или их комбинированные варианты, которые отличаются большей эффективностью, связанной с локализацией «аварийно-опасных зон» и противодействием росту усталостных трещин. Технология изготовления и монтажа накладных элементов отличается простотой и не требует применения сложного сварочного и монтажного оборудования. На рисунке 4 приведены предложенные варианты элементов для усиления конструкции ТУ «накладка» и «ребро», которые способны влиять на характер развития трещин, существенно уменьшать концентрацию напряжений и повысить долговечность. Возможности программы ANSYS позволяют моделировать нагрузки на элементы балки, связанные с асимметрией цикла.

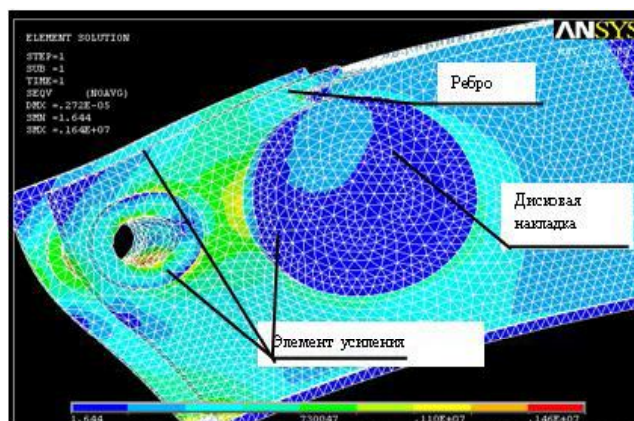
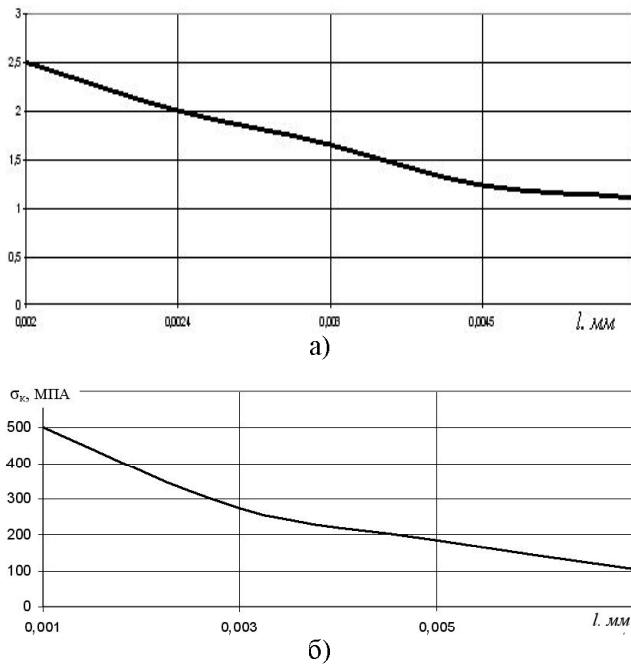


Рисунок 3 – Конструкция балки с элементами усиления конструкции



а) зависимость снижения запаса прочности конструкции от длины растущей в ней трещины;
б) зависимость снижения значений допустимых напряжений, приводящих к разрушению конструкции, от длины растущей в ней трещины

Рисунок 4 – Характер развития трещин в конструкции ТУ ШПМ

При помощи моделирования удалось установить фактор увеличения скорости роста усталостной трещины, который зависит от коэффициента асимметрии цикла интенсивности напряжений. Использование элементов усиления конструкции ТУ позволяет снизить размах коэффициента асимметрии цикла интенсивности напряжений, а значит, значительно уменьшить чувствительность закрытия трещины на пороге усталости и асимметрию цикла напряжений, тем самым в общем снизить вероятность роста усталостной трещины. Условия протекания процесса образования и роста усталостных трещин в конструкции ТУ напрямую зависят от параметров цикла напряжений (размах, асимметрии, частоты) и воздействий окружающей среды (ее химическая активность, влажность, температура), а также характера напряженно-деформированного состояния у вершины трещины в элементе конструкции, который определяется их геометрией и размерами.

Решение задачи по повышению прочности и обеспечению надежности работы тормозной балки сводится к определению «опасных мест» в конструкции и мерах по снижению значений напряжений и деформации. Это можно реализовать, используя метод и компьютерного моделирования развития трещин в конструкции при помощи ANSYS Fatigue Module [3]. Результаты исследований по установлению зависимости снижения запаса прочности конструкции от длины растущей в ней трещины и зависимости снижения значений допустимых напряжений, приводящих к разрушению конструкции, от длины растущей в ней трещины, продемонстрированы на рисунке 4.

Выполненные исследования доказали возможность распределять напряжения и деформации у вершины трещины, а также значительно снижать влияние концентраторов напряжений при помощи усиленной конструкции (рисунок 5). Основой расчетов усталостной долговечности (выносливости) является определение способности материала конструкции сопротивляться многоциклового усталости, которая приводит к разрушению и уменьшению срока эксплуатации тормозного устройства. Расчет выносливости выполняется при помощи трех методов: расчета деформаций, расчета напряжений и механики разрушения. Все эти методы доступны в модуле расчета долговечности и смоделированы в ANSYS.

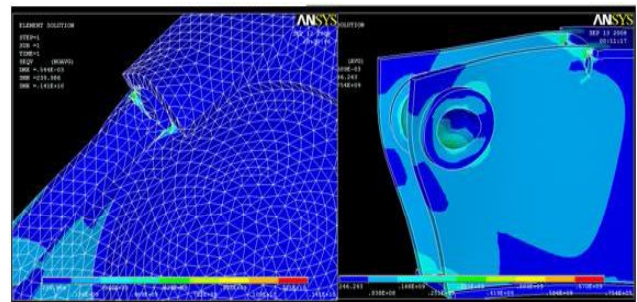


Рисунок 5 – Графическое отображение локализации развития трещин в конструкции при помощи усиленной ТУ ШПМ

Компьютерное моделирование в среде ANSYS Fatigue Module позволило установить геометрические параметры накладных элементов усиления и рациональные координаты их расположения на боковых гранях конструкции балки. Результаты исследований положены в основу методики обеспечения надежности горных машин, находящихся в длительной эксплуатации. Методика прошла практическую апробацию при проведении ремонта на действующих ТУ ШПМ (рисунок 6).

Выводы. У вершины образовавшейся трещины при нагружении возникает значительная концентрация напряжений и деформаций, происходит перераспределение последних, что вызывает развитие трещины. Поэтому для получения количественных характеристик способности материала конструкции тормозной балки сопротивляться разрушению при наличии трещины необходимо располагать распределением напряжений и деформаций у вершины трещины. Элементы усиления позволяют: исключить образование и рост усталостных трещин в области проушин крепления втулок; обеспечить необходимую прочность и надежность; увеличить срок эксплуатации тормозного устройства; существенно ослабить влияние концентраторов напряжений, снизить значения напряжений и деформаций в конструкции. Установка дисковой накладки позволяет ликвидировать очаг возникновения усталостных трещин, а ребро и кольцевая накладка втулки работают на увеличение прочности конструкции балки и исключают возможность дальнейшего разрушения конструкции ТУ, связанной с многократными циклами приложения нагрузок в процессе его эксплуатации.



Рисунок 6 – Практическое применение дисковых накладок при ремонте тормозной балки шахтной подъемной машины НКМЗ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мехтиев А.Д., Лихачев В.В., Булатбаев Ф.Н. Методика повышения надежности работы тормозной балки подъемной машины // Тр. ун-та. Вып. 3. Караганда: Изд-во КарГТУ, 2008. С. 72-74.
2. Жаутиков Б.А., Мехтиев А.Д., Лихачев В.В. Способ предотвращения роста трещин в тормозной балке шахтной подъемной установки. Инновационный патент Республики Казахстан, опубл. 15.04.09, № 21109.
3. Басов К.А. ANSYS в примерах и задачах. М.: Компьютерпресс, 2002. 342 с.

УДК 621.74.06

Выбор параметров низкоимпульсной головки для изготовления форм из стальных и чугунных отливок

Д.А. ИСАГУЛОВА, докторант, преподаватель кафедры ММиН, Карагандинский государственный технический университет

Ключевые слова: импульс, отливка, форма, температура, ресивер, клапан, воздушный поток.

Эффективность процесса пневмодинамического уплотнения литейных форм определяется энергией воздушного потока, воздействующего на формовочную смесь. Рассмотрим наиболее распространенную схему импульсной головки, а именно: цилиндрический ресивер 1 с круглым выпускным отверстием 2 в донной части его, перекрываемым воздушным клапаном с тарельчатым запорным органом 3 (рис. 1). Для простоты примем, что привод 4 клапана пневматический. Ресивер заполнен сжатым воздухом [1], внутренняя энергия которого определяется следующим образом:

$$E_0 = \frac{P_0 V_p}{k-1}, \quad (1)$$

где E_0 – потенциальная энергия сжатого воздуха в ресивере, Дж;

P_0 – начальное давление воздуха в ресивере, Па;

V_p – внутренний объем ресивера, м³;

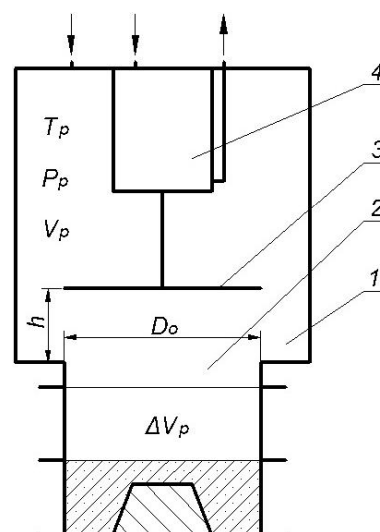
k – показатель адиабаты.

Потенциальную мощность, которую может развить воздушный поток при полном опорожнении ресивера в атмосферу, можно оценить по формуле:

$$N_n = E_0 / \tau_n, \quad (2)$$

где N_n – полная (потенциальная) мощность пневмопотока, Вт;

τ_n – время полного опорожнения ресивера, с.



1 – ресивер, 2 – выпускное отверстие, 3 – воздушный клапан, 4 – пневматический привод
Рисунок 1 – Схема импульсной головки