

зависимости долговечности ковша от грансостава пород (рис. 2).

Расчеты выполненные по приведенным формулам показали совпадение результатов теоретических исследований с экспериментальными. При этом их сравнение осуществлялось с использованием критерия Фишера.

В ходе проведенного статистического анализа было установлено, что соотношения остаточной дисперсии и дисперсии воспроизводимости не превышали критических значений. Это говорит об адекватности полученных данных.

Полученные результаты исследований являются весьма важными с точки зрения расчета ковшей шагающих экскаваторов на долговечность и позволяют с приемлемой для практических расчетов точностью рассчитывать время роста трещин в указанных зонах ковшей до критического размера, обеспечивая тем самым их надежную эксплуатацию. При этом отпадает необходимость в проведении излишне частых ремонтных работ, что в конечном счете повышает производительность экскаваторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник по коэффициентам интенсивности напряжений. / Под ред. Ю. Мураками. -М.: Мир, 1990. Т.1,2. 1016 с.
2. Хеллан К. Введение в механику разрушения. Перевод с английского. М.: Мир. 1988. 364 с.
3. Морозов Е.М. Пестриков В.М. Механика разрушения твердых тел. М.: Профессия. 2002. 320 с.

УДК 622.02

И.А. Паначев, М.Ю. Насонов, К.В.Антонов

О СТОПОРЕНИИ КОВШЕЙ ШАГАЮЩИХ ЭКСКАВАТОРОВ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ СО ВЗОРВАННОЙ ГОРНОЙ ПОРОДОЙ

Одной из основных причин внеплановых остановок шагающих экскаваторов является образование и рост трещин в их металлоконструкциях. В соответствие с существующими требованиями Госгортехнадзора трещины должны быть устраниены после их обнаружения, при этом отсутствуют строго установленные сроки ликвидации. В результате этого решения о постановке экскаватора на ремонт с целью устранения трещин принимаются инженерно-техническими работниками разрезов интуитивно на основе собственного опыта. Однако при этом остановки экскаваторов производятся гораздо раньше того момента, когда трещины достигают опасных размеров. Это ведет к чрезмерным простоям экскаваторов, что отрицательно сказывается на их производительности. К тому же устранение трещин производится с использованием электродуговой сварки. В зонах сварных швов возникает дополнительная концентрация напряжений, которая возрастает после каждой последующей заварки трещины. Следствием этого является то, что процесс трещинообразования протекает более интенсивно.

В связи с этим существует необходимость создать методику расчета безопасных сроков эксплуатации металлоконструкций экскаваторов, то есть таких сроков, в течение которых разрушение металлоконструкции в результате развития в нем трещины невозможно.

К числу наиболее подверженных трещинообразованию элементов экскаватора относится ковш.

Крайне важным фактором, влияющим на процесс образования и роста трещин в ковшах экскаваторов, является взаимодействие ковша с некондиционными кусками. При столкновении ковша с такими кусками происходит его стопорение. В ходе экспериментов, проводимых на разрезах Кузбасса установлено, что стопорения ковша сопровождаются резким возрастанием напряжений, возникающих в металлоконструкциях экскаватора [1]. Это вызывает существенное увеличение размеров трещин в определенных зонах ковша. При стопорениях напряжения могут превышать предел выносливости материала ковшей, что ведет к уменьшению их остаточного ресурса.

Кусок будем считать некондиционным, если величину суммарного усилия в канатах, под действием которого происходит движение ковша во взорванной горной массе, не превышает результирующей силы отпора, действующей на кусок со стороны остальной части развода, возникающей при ударе ковша по этому куску. Максимальное значение результирующей силы отпора за время контакта куска с ковшом определяется на основе решения задачи о вдавливании жесткого штампа в крупнокусковую сыпучую среду.

$$p = 0,00175 \cdot d^3 \cdot \sin\varphi \cdot C_d , \quad (1)$$

где p – максимальное значение результирующей силы отпора со стороны сыпучего тела, действующей на поверхность штампа, d – диаметр куска, φ – коэффициент внутреннего трения взорван-

ной горной массы, C_d – коэффициент упругого сжатия взорванной горной массы, зависящий от коэффициента разрыхления и среднего диаметра куска взорванной горной массы.

Коэффициент внутреннего трения взорванной горной массы определяется по методике, разработанной ДальНИИС [2], на основании данных о гранулометрическом составе, получаемых с помощью «Временной методики расчета параметров взрывной отбойки горных пород на угольных разрезах»[3].

Диаметр некондиционного куска определяется на основании зависимости (1), исходя из условия равенства результирующей силы отпора, действующей на кусок со стороны оставшейся взорванной горной массы, и суммарного усилия в тяговых канатах N , возникающего при работе двигателя экскаватора на максимальную мощность,



Рис.1. Лабораторная установка

$$d_H = \sqrt[3]{\frac{N}{0,00175 \cdot \sin \varphi \cdot C_d}} \quad (2)$$

Приведенная формула проверена путем натурных экспериментов на разрезах «Кедровский» и «Черниговский» и на лабораторной установке, моделирующей систему «развал – ковш» (рис.1).

Проверка осуществлялась на основе равенства при стопорении выше указанных усилий, то есть равнодействующей силы отпора и суммарного



Рис.2. Устройство для измерения усилий в канатах

усилия в тяговых канатах.

В ходе лабораторных испытаний осуществлялось волочение моделей ковша по щебеночной насыпи, имитирующей развал. Для перемещения моделей ковша использовалась электрическая лебедка. При этом производились измерения усилий в канатах. Для этой цели использовалось устройство из двух «щек» (стальных пластин), соединенных стальными «пальцами» (болтами) и обжимающих тяговый канат (рис. 2). Натяжение каната вызывало изгиб щек. В их растягиваемой зоне наклеивались тензорезисторы, соединенные со шлейфовым осциллографом.

При проведении экспериментов в условиях разрезов осуществлялись измерения усилий в тяговых канатах способом, описанным выше. Кроме того измерялись напряжения в зоне сопряжения боковой стенки ковша и его арки. Эти измерения также проводились с помощью тензорезисторов и шлейфового осциллографа. При этом тензорезисторы защищались с помощью стальных пластин, приваренных электродуговой сваркой.

Зафиксированные скачки напряжений, связанные со стопорением ковша, подтвердили адекватность выдвинутых идей. Адекватность формул (1) и (2) проверялась по критерию Фишера. При этом статистика, равная соотношению остаточной дисперсии и дисперсии параллельных наблюдений, не превышала критических значений.

Используя данные о качестве взрывной подготовки породы, ее коэффициенте разрыхления и зависимости (1) и (2), можно прогнозировать влияние некондиционных кусков на долговечность ковшей шагающих экскаваторов.

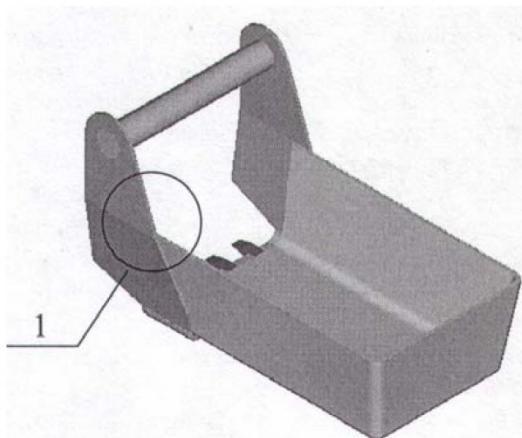


Рис. 3. Общий вид ковша шагающего экскаватора. 1 – зона ковша, наиболее подверженная трещинообразованию при стопорениях

На основе полученных экспериментальных данных и анализа картины напряженно-деформированного состояния ковша сделано заключение о том, что в моменты стопорений ковша в наиболее неблагоприятных условиях с точки зрения накопления дефектов и развития трещин

находится участок боковой стенки, примыкающий к задней части арки ковша (рис. 3).

Установлено, что трещины в этой зоне развиваются, согласно классификации механики разрушения, по схеме 1, то есть в форме разрыва. Коэффициент интенсивности напряжений (КИН) при расчете трещин в области примыкания боковой стенки к задней части арки определяется по формуле, соответствующей случаю растяжения полу-плоскости с наклонной ступенькой, из вершины которой исходит трещина [4]

$$K_{I,A} = \sigma \sqrt{\pi a} F_{I,A}, \text{ при } 0 \leq b/a \leq 1,$$

$$K_{I,B} = \sigma \sqrt{\pi b} F_{I,B}, \text{ при } 0 \leq a/b \leq 1,$$

где $F_{I,A}$ и $F_{I,B}$ – поправочные коэффициенты, зависящие от формы объекта и определяемые по графику (рис. 4); σ – номинальные нормальные напряжения в зоне трещины; a – высота ступеньки; b – длина трещины.

Данные о КИН используются при расчете сроков безаварийной работы ковша.

Столкновения ковша экскаватора с некондиционными кусками оказывают наибольшее влияние на процесс накопления повреждений в основном металле ковша.

По достижении определенного уровня числа повреждений в материале конструкции трещины образуются в ней столь часто и развиваются столь быстро, что эксплуатация экскаватора становится невыгодной, по причине чрезмерно частых ремонтных простоев.

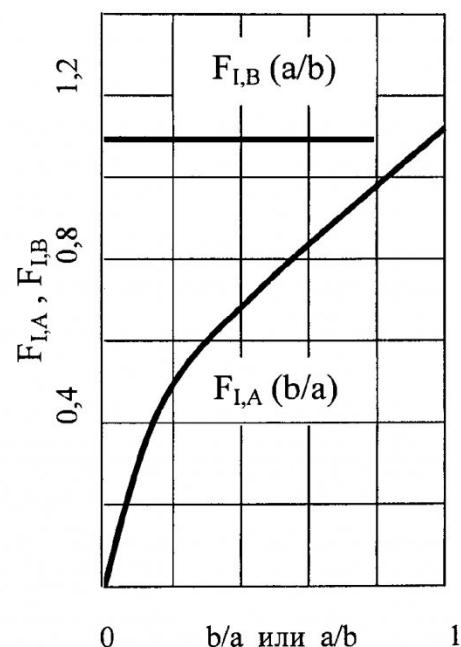


Рис. 4. Поправочные коэффициенты для определения КИН

В этой связи методика учета воздействия на ковш экскаватора некондиционных кусков породы является особо значимой с точки зрения управления трещинообразованием в этой металлоконструкции и возможности продления сроков ее использования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Паначев И.А., Насонов М.Ю., Беленко М.В. Трещинообразование в металлоконструкциях экскаваторов. Известия вузов горный журнал. 2000, № 5, с. 117-122.
2. Методика оценки прочности и сжимаемости крупнообломочных грунтов с пылеватым заполнителем и пылеватых и глинистых грунтов с крупнообломочными включениями. ДальНИИС Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1989.
3. Репин Н.Я., Бирюков А.В., Паначев И.А., Тацкинов А.С. Временная методика расчета параметров взрывной отбойки горных пород на угольных разрезах. – Москва. Институт горного дела им. А.А. Скочинского, 1976.
4. Справочник по коэффициентам интенсивности напряжений. / Под ред. Ю. Мураками. -М.: Мир, 1990. Т.1,2. 1016 с.

□ Авторы статьи:

Паначев
Иван Андреевич
- доктор технических наук,
профессор, зав. каф.сопротивления
материалов

Насонов
Михаил Юрьевич
- кандидат технических наук,
доцент каф.сопротивления ма-
териалов

Антонов К.В.
- инженер, ассистент каф.
сопротивления материалов