

ГОРНЫЕ МАШИНЫ И КОМПЛЕКСЫ

УДК 622.271.4

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

К РАЗРАБОТКЕ МОДЕЛИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РЕЖУЩЕЙ КРОМКИ КОВША ШАГАЮЩЕГО ЭКСКАВАТОРА СО ВЗОРВАННОЙ ГОРНОЙ ПОРОДОЙ

Трецинообразование в металлических конструкциях экскаваторов является одной из главных причин их остановок с целью ремонта. Частые ремонтные простои ведут к снижению производительности. При этом работы по заварке трещин в металлоконструкциях экскаваторов не всегда необходимы: в период докритического роста трещины внезапное разрушение металлоконструкции невозможно и поэтому экскаватор может еще некоторое время эксплуатироваться без риска аварии. В результате проведенных ранее исследований установлено, что процесс образования и роста трещин в металлоконструкциях зависит от таких параметров взорванной горной массы, как коэффициент разрыхления и гранулометрический состав [1]. Учет условий эксплуатации металлических конструкций и их фактического состояния при решении вопроса о постановке экскаватора на ремонт позволяет увеличить продолжительность межремонтных периодов и тем самым сократить время простоев.

Элементом экскаватора, работающим в наиболее тяжелых условиях, является ковш. При этом ковш является весьма дорогостоящей конструкцией. Срок безопасной его эксплуатации при наличии трещин может быть установлен с учетом напряжений, возникающих в его опасных зонах. Для выявления закономерностей изменения напряжений в зонах активного образования и роста трещин были проведены эксперименты в натурных условиях.

В процессе разработки взорванной горной породы в движении ковша шагающего экскаватора можно выделить две основные составляющие: движение, вызванное усилиями в подъемных канатах; движение, вызванное усилиями в тяговых канатах (вторая составляющая является преобладающей).

Во время движения ковша шагающего экскаватора под действием усилий в тяговых канатах происходит процесс импульсного взаимодействия режущей кромки ковша с кусками взорванной горной породы. При рассмотрении этого взаимодействия в качестве модели принят процесс последовательных соударений ковша с кусками различных диаметров (алгоритм моделирования

представлен на рис 1).

Для учета неравномерности распределения усилия сопротивления внедрению в развал вдоль режущей кромки ковша внесены некоторые допущения: длина режущей кромки делится на ряд участков, число которых определяется необходимой точностью. Вся совокупность кусков делится на группы в зависимости от диаметра. При этом необходимы данные о гранулометрическом составе взорванной породы, вычисляемые по методике [2]. В первую группу попадают куски диаметра близкого к ширине участка режущей кромки. Во вторую группу попадают куски диаметра близкого к удвоенной ширине участка режущей кромки. В третью – утроенной и т. д. При этом значения диаметров кусков в каждой группе усредняются.

Определение частоты соударений ковша с кусками группы осуществлялось на основе поступат о равномерном распределении кусков в развале и в соответствии с тем, что мера сферичности кусков обладает случайной вариацией с центром рассеяния $C=10$ [3,4].

Амплитуда усилий сопротивления внедрению ковша во взорванную горную массу определялась на основании решения задачи о вдавливании в сыпучее тело абсолютно жесткого штампа. За амплитудное значение усилия принимается предельное давление по поверхности куска, контактирующей с остальной частью развода, при воздействии на кусок режущей кромки ковша.

Определение напряжений в конкретной точке ковша осуществлялось путем «наложения» диаграмм, полученных для отдельных участков режущей кромки друг на друга в соответствие с принципом суперпозиции. При этом осуществлялся учет сдвига фазы импульсного взаимодействия на разных участках режущей кромки (при рассмотрении взаимодействия ковша с кусками одной группы). Усилия и напряжения, возникающие в моменты стопорений ковша, учитывались отдельно. Куски, взаимодействие ковша с которыми приводит к стопорениям, не включались ни в одну группу. Окончательная диаграмма напряжений получена путем наложения по принципу суперпозиции всех диаграмм, соответствующих отдельным группам кусков (рис. 2).

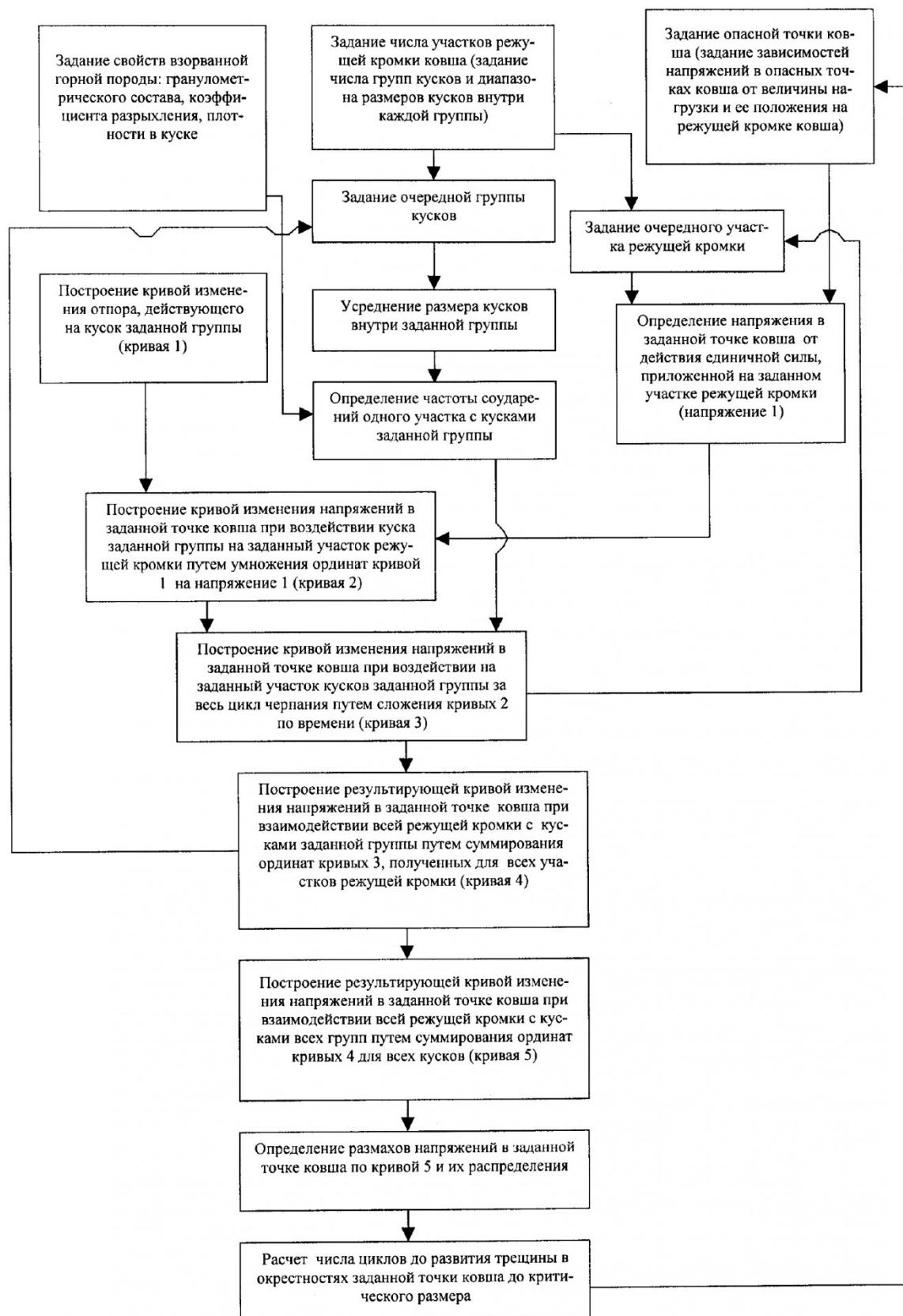


Рис. 1. Алгоритм получения данных о размахах напряжений в опасных точках ковша

Разработанная модель позволила прогнозировать распределение размахов напряжений в зонах ковша, опасных с точки зрения трещинообразова-

ния, возникающего при движении ковша под действием усилий в тяговых канатах. Данные о размахе напряжений могут быть использованы при

определении времени развития трещины до ее критического размера, то есть позволяют оценить долговечность исследуемой конструкции.

При движении ковша шагающего экскаватора под действием тяговых усилий в наиболее тяжелых условиях работы находится верхняя кромка боковой стенки, особенно ее участок, примыкающий к задней части арки (рис. 3).

Установлено, что трещины в этой зоне развиваются, согласно классификации механики разрушения, по форме 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平面 с наклонной ступенькой, из вершины которой исходит трещина [5]

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

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

где $F_{I,A}$ и $F_{I,B}$ – поправочные коэффициенты, зависящие от формы объекта и определяемые по специальным таблицам [5]; σ – номинальные нормальные напряжения в зоне трещины; a – высота ступеньки; b – длина трещины.

КИН для трещин в остальной части верхней кромки боковой стенки может быть с удовлетворительной точностью рассчитан с помощью формулы для случая одноосного растяжения полосы с краевой поперечной трещиной [5]:

$$K_I = \sigma \sqrt{\pi \cdot b} \cdot F_I(\alpha),$$

где σ – номинальные нормальные напряжения в зоне трещины, b – длина трещины, $F_I(\alpha)$ – поправочный коэффициент, учитывающий форму объекта, определяемый по формуле:

$$F_I(\alpha) = 1,12 - 0,231\alpha + 10,55\alpha^2 - 21,72\alpha^3 + 30,39\alpha^4, \quad \text{где } \alpha = b / W, \quad W \text{ – ширина полосы.}$$

Данные о КИН используются при расчете числа циклов нагружения до разрушения ковша.

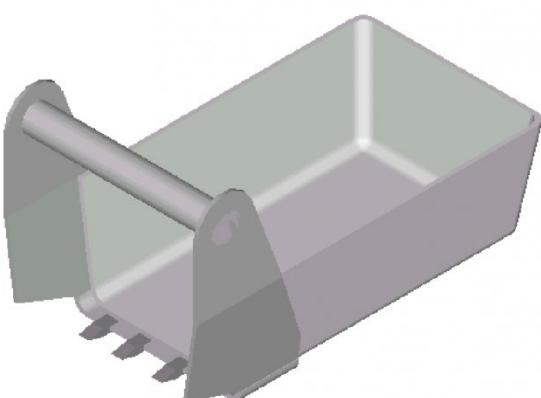


Рис. 3. Общий вид ковша шагающего экскаватора: 1- зона наиболее интенсивного трещинообразования в ковше при движении под действием усилий в тяговых канатах.

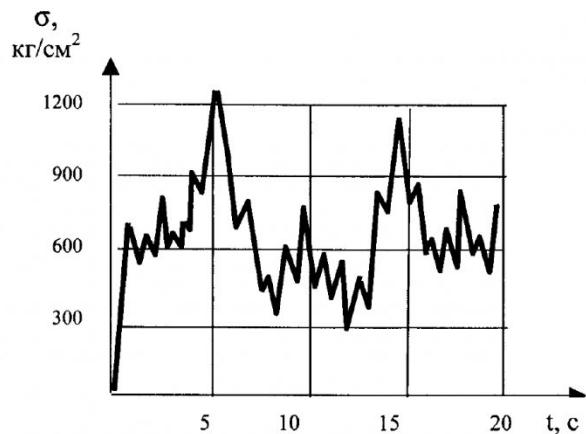


Рис. 2. Диаграмма напряжений в полукольце для крепления к ковшу тяговой цепи при отсутствии стопорений.

Это число определяется по формуле Пэриса:

$$N = \frac{2}{(n-2)C\Delta\sigma^n M^{n/2}} \cdot \left[\frac{1}{b_0^{(n-2)/2}} - \frac{1}{b_{pred}^{(n-2)/2}} \right]$$

где N – число циклов до разрушения; C, n – параметры уравнения Пэриса, $\Delta\sigma$ – размах напряжений в исследуемом сечении; M – параметр, учитывающий форму и размеры трещины; b_0, b_{pred} – начальный и конечный размеры трещины.

Для оценки адекватности расчетной модели выполнены натурные эксперименты в условиях угольных разрезов: осуществлялись одновременные измерения деформаций в указанных зонах ковшей шагающих экскаваторов и полукольцах, предназначенных для крепления к ковшу тяговых цепей. С этой целью на исследуемые участки ковша наклеивались тензорезисторы, соединенные со шлейфовым осциллографом. Тензорезисторы, наклеенные в зонах интенсивного трещинообразования, защищались от внешних воздействий специально изготовленными пластинами. По полученным деформациям вычислялись напряжения.

Сопоставление экспериментальных и расчетных значений размахов напряжений осуществлялось с использованием критерия Фишера. При этом соотношения остаточной дисперсии и дисперсии воспроизводимости не превышали критических значений, что свидетельствует об адекватности расчетных моделей заложенных в методику.

Разработанная методика представляет собой важное звено в создании расчетной модели, описывающей режим нагружения ковша шагающего экскаватора при взаимодействии его с дискретной сыпучей средой. По понятным причинам, режим нагружения ковша оказывает определяющее влияние на процесс циклического изменения внутренних усилий и напряжений во всех остальных металлоконструкциях экскаватора. Поэтому разработанная методика важна с точки зрения оценки долговечности не только ковша, но и любой металлоконструкции экскаватора.

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. Репин Н.Я., Бирюков А.В., Паначев И.А., Ташкинов А.С. Временная методика расчета параметров взрывной отбойки пород на угольных разрезах. М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1976, 48 с.
3. Бирюков А.В., Паначев И.А. Об оценках кусковатости взорванной породы. Технология, механизация и организация строительства горных выработок: Межвузовский сборник научных трудов. – Кемерово: КузПИ. 1988, с. 71-76.
4. Бирюков А.В., Кузнецов В.И., Ташкинов А.С. Статистические модели в процессах горного производства. – Кемерово: Кузбассвязиздат, 1996. – 228с.
5. Справочник по коэффициентам интенсивности напряжений. / Под редакцией Ю.Мураками. М.: Мир, 1990, Т.1, 448 с.

Авторы статьи:

Паначев
Иван Андреевич
- докт. техн. наук, проф., зав. каф.
сопротивления материалов

Насонов
Михаил Юрьевич
- канд. техн. наук, доц. каф. сопро-
тивления материалов

Антонов
Кирилл Викторович
- ассистент каф. сопротивления
материалов

УДК 622.23.051

Б.А. Катанов

БУРОВЫЕ ДОЛОТА СО СМЕННЫМИ ШАРОШКАМИ

Основным видом породоразрушающего буро-вого инструмента карьерных буровых станков в настоящее время являются шарошечные долота. Затраты только угольных разрезов на их приобретение составляют несколько миллионов рублей в год. Срок службы шарошечных долот практически определяется стойкостью опор.

Заклинивание опоры шарошки вызывает прекращение ее вращения, следствием чего является износ зубьев ее вооружения. При этом нарушается нормальная работа остальных шарошек долота, т.к. значительная часть крутящего момента и осевого усилия, приложенных к долоту, воспринимается невращающейся шарошкой.

Долота, вышедшие из строя из-за износа вооружения шарошек, имеют колебания по величине проходки на долото от двух до пяти раз. Когда долота заменяют вследствие износа элементов опоры шарошек, колебания их по стойкости достигает 10 раз и более [1].

Шарошечные долота состоят из сваренных между собой секций, на цапфах лап которых вращаются смонтированные шарошки и являются таким образом неразборными конструкциями, вследствие чего при выходе из строя одной шарошки или ее опоры бракуется все долото.

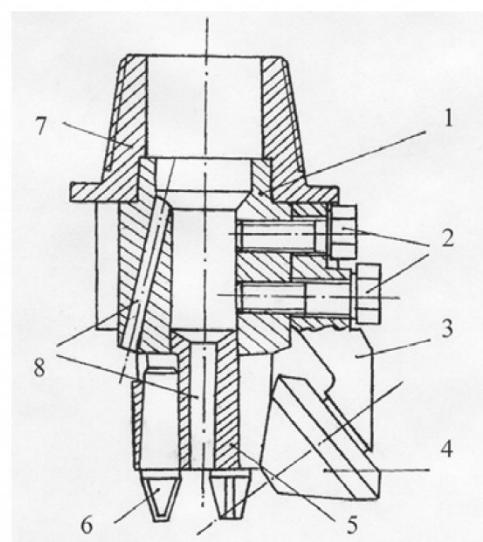
В этой связи весьма заманчивым является создание долота со съемными шарошками, что позволило бы, заменяя вышедшую из строя шарошку, значительно (в 1,5-2 раза) продлить срок службы дорогостоящего долота.

При этом отработку конструкций долот со съемными шарошечными лапами целесообразно осуществить на комбинированных режуще-

шарошечных долотах (РШД), у которых нагрузка на шарошечный орган (благодаря наличию режущего органа) существенно меньше.

Разными авторами и организациями предпринимались неоднократные попытки создать комбинированные режуще-шарошечные долота, сочетающие в себе преимущества режущих и шарошечных.

Одной из первых конструкций подобного долота, разработанного на кафедре горных машин и комплексов КузГТУ, было долото, представленное на рис. 1.



Rис. 1. Комбинированное долото со съемными шарошечными лапами, соединенными с корпусом долота