

УДК 621.879.0.32.004.69(035)

М.Ю. Насонов

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КРУПНОКУСКОВОЙ ГОРНОЙ МАССЫ НА НАГРУЖЕННОСТЬ ОДНОКОВШОВЫХ ЭКСКАВАТОРОВ

Развитие угольной отрасли связано, прежде всего, с открытым способом добычи угля. Основным видом выемочно-погрузочного оборудования при этом способе являются экскаваторы. Анализ эксплуатационной надежности экскаваторов показывает, что наибольшее число отказов работы приходится на механическое оборудование и составляет 50÷70 % [1]. Значительную часть из них занимают отказы металлоконструкций. Это связано с тем, что сварные соединения металлоконструкций экскаваторов до настоящего времени остаются зонами повышенного трещинообразования в связи с наличием в них трещиноподобных дефектов.

В связи с этим актуальным и своевременным является вопрос создания метода по оперативной оценке долговечности металлоконструкций экскаваторов с целью предотвращения их разрушения, установления межремонтных сроков и прогнозирования безопасной работы на значительный период эксплуатации.

Для расчета долговечности экскаваторов как объектов горного производства необходимо исследования характера эксплуатационного нагружения оборудования.

Процесс экскавации крупнокусковой горной массы, с точки зрения циклического механического нагружения металлоконструкций экскава-

тора, состоит из трех связанных и перемежающихся между собой этапов:

1. раскладка и экскавация крупногабаритных и негабаритных кусков;
2. наполнение ковша габаритной частью развала породы;
3. отрыв ковша от развала породы, поворот из забоя, выгрузка и обратный поворот в забой.

Раскладка и экскавация крупногабаритных и негабаритных кусков сопровождается достаточно большим числом движений ковша, как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскостях. Причем последние движения происходят как вдоль продольной оси экскаватора, так и по нормали к ней. При этом число движений ковша и уровень механической нагруженности металлоконструкций экскаватора в большей степени зависит от размеров и расположения куска в развале породы. Амплитуда напряжений в конструкциях при экскавации куска определенного размера имеет статистический разброс, который подчиняется нормальному закону распределения.

Раскладка крупногабаритных и негабаритных кусков перемежается с наполнением ковша габаритной частью развала породы. При этом ход ковша происходит равномерно вдоль одной линии без боковых движений. Циклическая нагруженность конструкций имеет двухчастотный характер. Низкочастотная составляющая

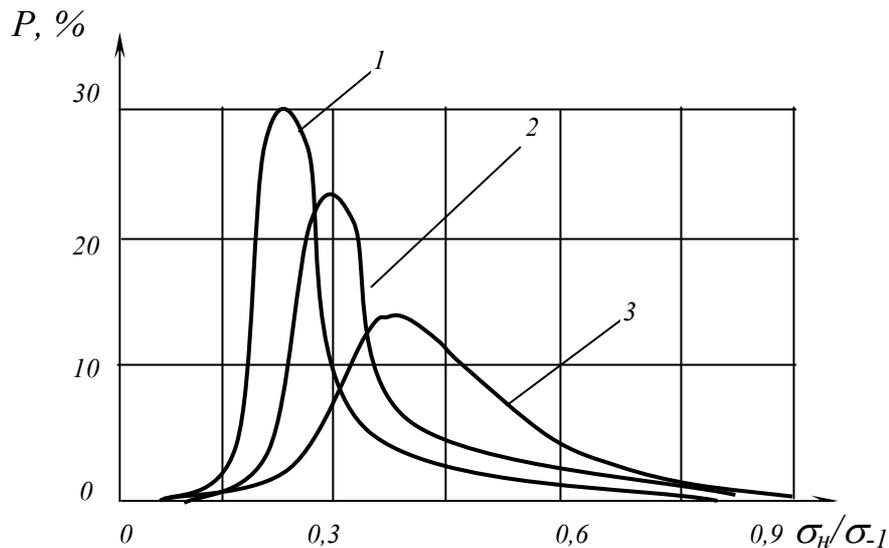


Рис. 1. Распределение относительных максимальных напряжений в зоне сварочного дефекта в нижнем поясе стрелы экскаватора ЭШ 13/50 с учетом концентрации напряжений: 1 - $d_{cp} = 0,3$ м; 2 - $d_{cp} = 0,4$ м; 3 - $d_{cp} = 0,5$ м

нагруженности зависит от величины заглубления ковша в развал, подчиняется нормальному закону распределения и зависит от грансостава габаритной части породы. Высокочастотная составляющая накладывается на низкочастотную, она возникает от столкновения ковша в процессе черпания с породными кусками. Величина всплеска размахов напряжения при столкновения с конкретным куском зависит от его размера. Распределение всплесков размахов напряжений зависит от грансостава габаритной части породы и подчиняется закону Вэйбула [2, 3].

Для расчета долговечности экскаваторов необходимо исследования параметров механического нагружения оборудования. В результате проведенных авторами исследования были получены зависимости нагруженности металлоконструкций экскаваторов от среднего диаметра куска в

диапазоне от 0,3 до 0,5 м соответствующего условиям Кузбасса и (рис. 1).

Все циклы при расчете остаточного ресурса металлоконструкций экскаватора от всех видов нагружения должны учитываться посредством особого способа сложения. Несмотря на общность характера нагружения существуют различия по механизмам экскаваторов (рис. 2, 3).

Из рисунков видно в процессе цикла экскавации наибольшие нагрузки в металлоконструкциях возникают на первом этапе - на этапе раскладки кусков породы. После раскладки на этапе черпания при столкновении ковша с габаритной частью развала нагрузки несколько снижаются, хотя и возникают дополнительные циклы нагружения от столкновения ковша с отдельными кусками породы.

Число стопорений ковша экскаваторов минимально и может быть исключено из расчета. Сортировка негабарита при этих условиях практиче-

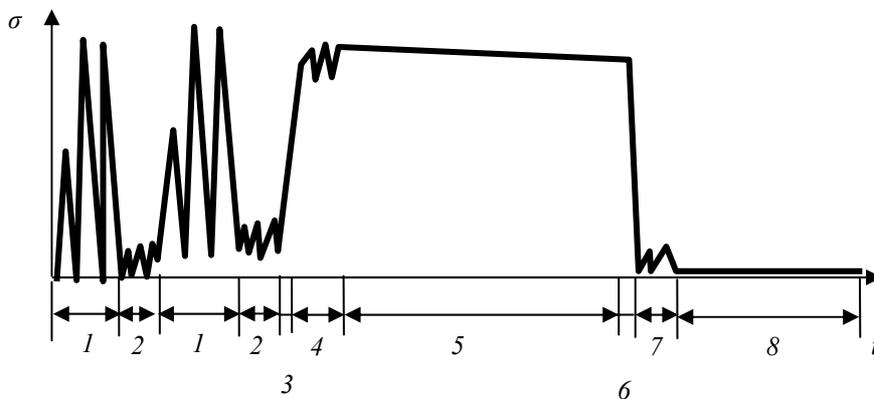


Рис. 2. Зависимость напряжений в металлоконструкциях драглайна от времени в процессе цикла экскавации при разработке крупнокусковой горной массы (механизм подъема): 1 - раскладка крупногабаритных и негабаритных кусков породы; 2 - наполнение ковша габаритной горной массой; 3 - отрыв ковша от развала породы; 4 - колебания стрелы после отрыва ковша; 5 - поворот стрелы экскаватора на разгрузку; 6 - разгрузка ковша; 7 - колебания стрелы после разгрузки; 8 - поворот стрелы в забой

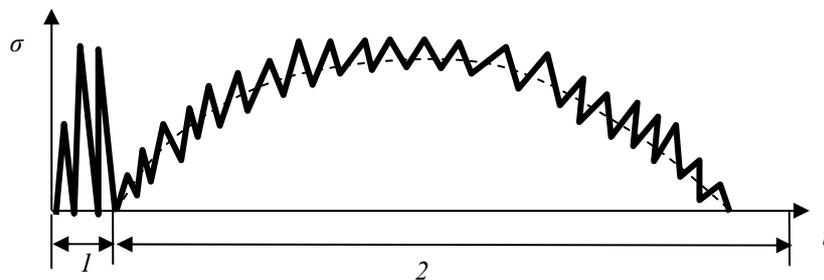


Рис. 3. Зависимость напряжений в металлоконструкциях драглайна от времени в процессе цикла экскавации при разработке крупнокусковой горной массы (механизм тяги): 1 - раскладка крупногабаритных и негабаритных кусков породы; 2 - наполнение ковша габаритной горной массой

ски не производится, зачистка подошвы забоя идет без заметных скачков нагрузки.

Число циклов нагружения с фиксированной амплитудой зависит от относительного объема пород в развале с определенными значениями коэффициента разрыхления K_p , меняющегося от слоев развала пород от 1,1 до 1,5. Это число устанавливалось численным методом (рис. 4) и

оно может быть выражено формулой

$$N_{\sigma} = \left(\frac{N}{V} \right) NV, \quad (1)$$

где N/V – относительное число циклов нагружения; N – общее число циклов нагружения, возникающих при переработке объема горной массы; V – объем переработанной горной массы.

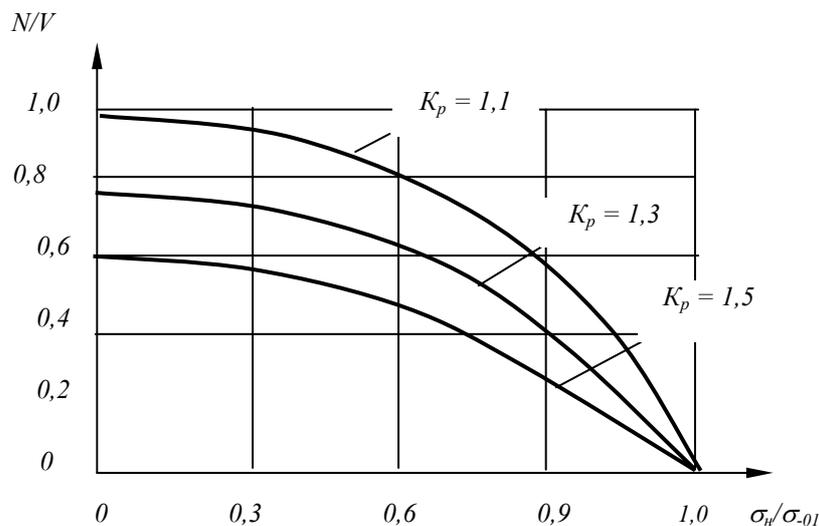


Рис. 4. Зависимость относительного числа циклов нагружения от коэффициента разрыхления породы и уровня механического нагружения с учетом концентрации напряжений (сварочный дефект в зоне фланцевого соединения ЭШ 10/70)

В результате установлено, что срок роста трещины до критического размера при увеличении среднего диаметра куска взорванной горной массы с 0,3 до 0,5 уменьшается в 3,4 раза, а при увеличении коэффициента разрыхления с 1,1 до 1,5 возрастает в 4,2.

Эксперименты проводились в забоях с различным диаметром среднего куска. В процессе экскавации скальных пород в забоях с $d_{cp} > 0,45$ м наблюдалось значительное увеличение механической нагруженности всех механизмов и металлоконструкций экскаваторов.

Основной причиной такого изменения послужило наличие в развалах, особенно средне- и крупноблочных пород крупных кусков. Крупные куски, вызывающие при их экскавации преобразование допускаемых трещиноподобных дефектов в трещины, были приняты за "некондиционные" $d_{нк} = 0,6 \cdot b_k$ (где b_k – ширина ковша).

Встреча ковша экскаватора с некондиционным куском вызывает резкое сопротивление его продвижению и значительно, хотя и в разных пропорциях, повышает уровень напряжений, во всех металлоконструкциях приводит к возникновению резких колебаний.

Экспериментально установлено, с увеличением размера некондиционного куска при его экскавации возрастают как амплитуды нагружения, так и число самих амплитуд (рис. 5, 6) (на рисунках учтены амплитуды только от вертикальных и горизонтальных нагрузок).

Уровни нагружения металлоконструкций, амплитуда и частота, возникающих при этом напряжений, определяются размерами и расположением некондиционного куска в развале пород: на поверхности или в его глубине.

На поверхности развала частота и амплитуда напряжений зависят от того, является ли этот кусок одиночно

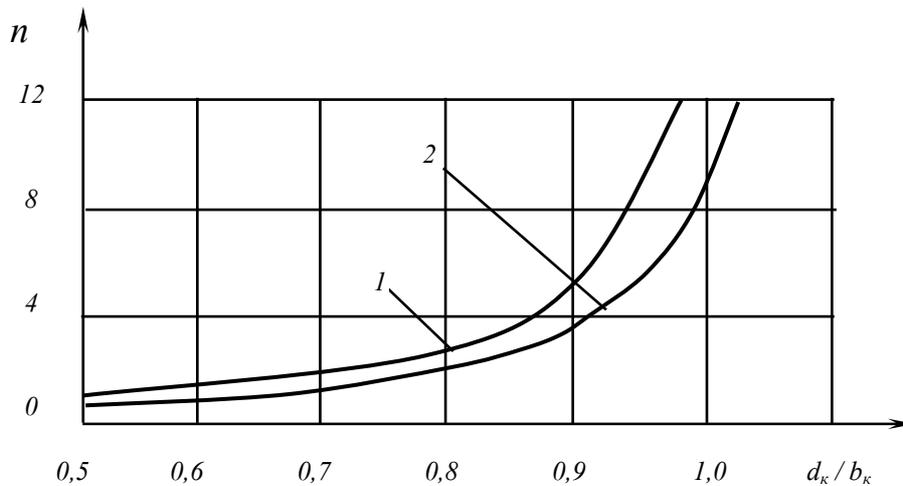


Рис. 5. Зависимость числа амплитуд при экскавации некондиционного куска породы от его относительного диаметра: 1 – обойма блока наводки экскаватора ЭШ 13/50; 2 – фланцевое соединение стрелы ЭШ 13/50

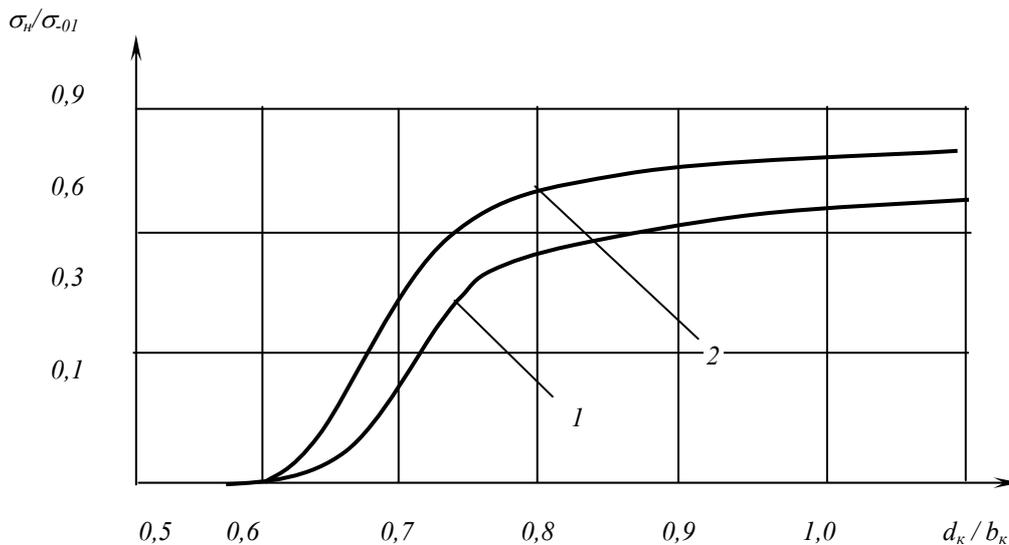


Рис. 6. Зависимость уровня максимальных напряжений с учетом концентрации в циклах нагружения при экскавации некондиционного куска породы от его относительного диаметра: 1 – усилия в обойме блока наводки экскаватора ЭШ 13/50; 2 – во фланцевом соединении ЭШ 13/50

расположенным или он находится в группе аналогичных, некондиционных кусков. В глубине развала – частота и амплитуда напряжений зависят от

коэффициента разрыхления окружающих их кондиционных кусков.

Экскавация некондиционного куска происходит не одномоментно, а в

ходе нескольких движений ковша, каждое из которых вызывает резкое повышение нагруженности металлоконструкций и может быть принято в расчетах долговечности экскаваторов за цикл нагружения.

Число некондиционных кусков в развале пород, их распределение по крупности и места расположения в развале пород позволяет определить возникающие амплитуды напряжений в соответствующих металлоконструкциях и принять их за циклы нагружения в дополнение к циклам, возникающим от кондиционных кусков породы в развале с различным Кр [4].

Основным фактором, влияющим на образование трещин в металлоконструкциях экскаваторов, является наличие некондиционных кусков в развале пород, присутствие участков развала пород с низким коэффициен-

том разрыхления и непроработка подошвы забоя при производстве взрывных работ. Однако все эти факторы могут приводить к образованию трещин лишь при наличии протяженных сварочных дефектов в сварных швах, значительно ослабляющих сечение и создающих концентрацию напряжений, превышающих предел выносливости. Без сварочных дефектов напряжения в основном металле металлоконструкций даже при стопорных нагрузках не превышают предела выносливости.

Полученные экспериментальные результаты позволяют оценивать механическую нагруженность экскаваторов, долговечность и техническое состояние их металлоконструкций, на основании этого устанавливать межремонтные сроки и прогнозировать безопасную работу на значительный период эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Москвичев В.В.* Методы и критерии механики разрушения при определении живучести и надежности металлоконструкций карьерных экскаваторов. / Дисс. Докт. техн. наук. Красноярск, 1993. 434 с.

2. *Бирюков А.В.* Эксперимент. / Кемерово: типография ГУ Кузбасский государственный технический университет. 2004. 25 с.

3. *Гольдштейн М.В.* Механические свойства грунтов/М.: Госстройиздат. 1979. 304 с.

4. *Паначев И.А.* Влияние качества взрывной подготовки пород на трещиностойкость основных конструкций экскаваторов. /И.А. Паначев М.Ю., Насонов М.В. Беленко // «Строительство шахт и городских подземных сооружений». Тр. Россий-

ско-китайского симпозиума. 23-27 апр. 2000 г. Кемерово – Тайань. С. 74-78.

5. *Винокурский В.А.* Расчет машиностроительных конструкций на переменные нагрузки. /В.А. Винокурский, Б.Г. Осипов //В книге Исследование рабочих параметров и совершенствование конструкций экскаваторов и дробилок, выпускаемых Уралмашзаводом. Сборник научных трудов под ред. Ю.А. Муйземнека. М.: ВНИИМетмаш. 1980. 163 с.

6. *Руководство по неразрушающему контролю металлоконструкций роторных экскаваторов / А.В. Краснов, Л.В. Седаков, Г.М. Овчинников и др. // Кемерово. Кемеровский ЦНТИ. ТД № 84-1921-030. 1984. 318 с. ИАБ*

Коротко об авторе

Насонов М.Ю. – кандидат технических наук, доцент, Кузбасский ГТУ.

Рецензент д-р техн. наук, проф. *В.Л. Петров.*