СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методические указания по проведению экспертизы промышленной безопасности одноковшовых экскаваторов для предприятий Кузбасса. / Кемерово: Гос. образоват. учреждение высш. проф. проф. образования «Кузбасс. гос. техн. ун-т» 2008. – 121 с.

2. Методические указания по проведению экспертизы промышленной безопасности карьерных самосвалов. / ГУ КузГТУ; НФ «КУЗБАСС-НИОГР».– Кемерово, 2008.–78 с.

3. *Паначев, И. А.* Об использовании математических моделей поведения взорванной горной массы под нагрузкой в рамках методики оценки ресурса металлоконструкций драглайна. / Паначев И.А., Насонов М.Ю., Антонов К.В. // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. Сибресурс 2004. г. Материалы X Международной научно-практической конференции. С. 126-128. Кемерово, ГУ КузГТУ, 23-24 ноября 2004 г.

4. *Паначев, И. А.* Оценка трещиностойкости металлоконструкций шагающих экскаваторов при разработке скальных пород на угольных разрезах Кузбасса. / И. А. Паначев , М. Ю. Насонов // Международный научно-технический сборник. Выпуск 7 "Техника и технология разработки месторождений полезных ископаемых" С. 161-168, Новокузнецк 2005. –226 с .

5. *Паначев, И. А.* К оценке прочности стреловых конструкций шагающих экскаваторов при наличии различных типов трещин. / И. А. Паначев, М. Ю. Насонов, С. А. Сидельников // Вестник КузГТУ. 1997. № 1. С. 45-49.

□ Автор статьи:

Насонов
Михаил Юрьевич
докт.техн.наук, доцент, зав. каф. сопротивления материалов КузГТУ
Email: nmu.shsf@kuzstu.ru

УДК 621.879.0.32.004.69(035)

М.Ю. Насонов, В. Г. Гореликов

ПОЛУЧЕНИЕ ИСТОРИИ НАГРУЖЕНИЯ ГОРНЫХ МАШИН В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИЗМЕНЕНИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ

Одним из важных вопросов при оценке живучести, долговечности и остаточного ресурса горных машин является воссоздание истории их механического нагружения за относительно длительный период. По истории нагружения, связанной с условиями эксплуатации объекта и накопленными повреждениями, можно оценивать перспективы его работы в аналогичных условиях. На горные машины, работающие в условиях разрезов, действуют различные механические нагрузки, зависящие от свойств разрабатываемых пород. Получить историю нагружения этих машин можно при использовании записей изменения электропотребления в течение длительного периода, например, в течение месяца.

Решение данного вопроса может быть рассмотрено на примере работы одноковшовых экскаваторов, которые разрабатывают взорванную горную породу. Большое влияние на нагрузки, возникающие в металлоконструкциях экскаваторов, оказывает качество подготовки горных пород к экскавации взрывным способом.

В настоящее время известно достаточно большое число способов оценки качества взрывной подготовки горных пород к экскавации. Среди них фотопланиметрический способ и способ непосредственного замера (метод Зуркова). Кроме названных существует еще и энерготехнологический способ, весьма эффективный, хотя и не вполне изученный. Он основывается на определении энергозатрат при проведении тех или иных работ используемым оборудованием и получении его энерготехнологических характеристик. Отличием этого способа от остальных является то, что он весьма технологичен, с его помощью можно производить оценку качества подготовки забоя без дополнительных работ непосредственно в процессе экскавации по показаниям энергосчетчиков *(электросчетчиков)* [1]. Особенностью способа является то, что по энерготехнологическим характеристикам экскаваторов можно определять интенсивность накопления дефектов в их металлоконструкциях и устанавливать скорость развития трещин. Учитывая, что трещины в конструкциях экскаваторов возникают в достаточно большом количестве и необходима регуляция этого процесса, последнее свойство может быть признано весьма значимым.

Важнейшими энерготехнологическими характеристиками экскаваторов являются

-полное энергопотребление экскаватора в единицу времени (мощность, потребляемая из сети);

-энергопотребление экскаваторов в единицу времени при имитации работы (мощность холостого хода);

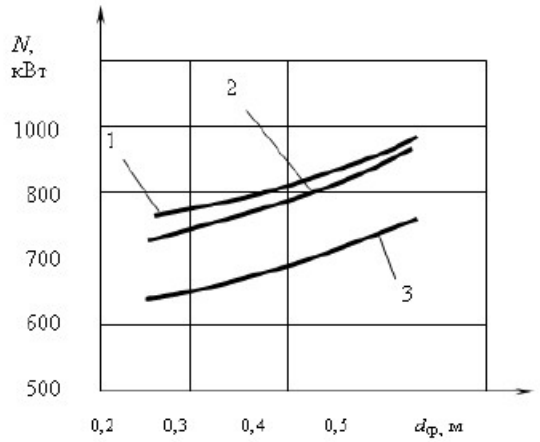

Рис. 1. Зависимость полного энергопотребления экскаваторов от грансостава пород: 1 – ЭШ 13/50; 2 – ЭКГ-15(18); 3 – ЭКГ-12,5

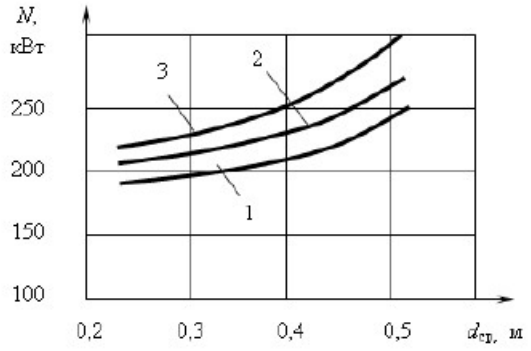

Рис. 2. Зависимость энергопотребления экскаваторов при совершении полезной работы от грансостава пород: 1 – ЭШ 13/50; 2 – ЭКГ-12,5; 3 – ЭКГ-15(18)

-энергопотребление в единицу времени при совершении полезной работы, т.е. за исключением энергии, затраченной при имитации работы;

-общее удельное энергопотребление (удельные энергетические затраты), т.е. энергия (работа), отнесенная к объему или массе переработанной горной породы;

-удельное энергопотребление при совершении полезной работы.

Эти характеристики могут быть получены как для экскаватора в целом, так и для отдельных его механизмов.

Была поставлена задача – установить взаимосвязь между удельным энергопотреблением экскаваторов при совершении полезной работы, скоростью роста трещин в их металлоконструкциях и остаточным ресурсом. С этой целью на разрезах Кузбасса были проведены экспериментальные исследования экскаваторов ЭКГ-12,5, ЭКГ-15 с ковшом 18 м^3 (дальше по тексту ЭКГ-15(18)) и ЭШ-13/50. При определении общего потребления электроэнергии использовались стандартные счетчики переменного тока СА-3, которые устанавливались в энергораспределительные ячейки экскаваторов. Одновременно с помощью осциллографа Н-117 производилась запись изменения потребления электроэнергии отдельными механизмами экскаваторов: тяги, подъема и поворота при работе экскаваторов в различных забоях с изменяющимся грансоставом взорванной горной массы. Осциллограф включался в сеть постоянного тока соответствующего электродвигателя. В опасных точках конструкций экскаваторов наклеивались датчики сопротивления (тензодатчики) выход которых через усилитель подключался к шлейфовому осциллографу и поступающий сигнал записывался на осциллограмме. Расшифровка полученных осциллограмм позволяла оценить уровень деформаций и определить напряжения в этих зонах.

По полученным сведениям о нагрузках рассчитывались коэффициенты интенсивности напряжений (КИН), описывающие напряженно-деформированное состояние в вершинах максимально допускаемых ГОСГОРТЕХНАДЗОРОМ трещиноподобных дефектов. Коэффициент интенсивности напряжений для сквозных трещин может быть вычислен на основании [2].

Условно эти дефекты могут быть приняты за развивающиеся трещины, для которых могут быть вычислялены скорости их роста в зависимости от энерготехнологических характеристик экскаваторов, связанных с грансоставом пород.

В результате анализа экспериментальных данных установлены зависимости полного энергопотребления экскаваторов в единицу времени (потребляемая мощность из сети) от их производительности. Производительность экскаваторов, определялась интерполированием в соответствии с [3]. Следует отметить, что с увеличением производительности экскаваторов энергопотребление уменьшается. Это, на наш взгляд, обусловлено технологическими особенностями забоев и определяется качеством взрывной подготовки пород к экскавации (рис. 1, 2).

При изменении диаметра среднего куска взорванной горной массы от 0,3 до 0,5 м энергопотребление названных экскаваторов в среднем возрастало в 1,3 раза.

С целью расчета затрат энергии экскаваторами на выполнение полезной работы равной разности между их полной работой и работой имитирующей процесс экскавации, были проведены замеры затрат электроэнергии при имитации работы (табл.), которые составляли для экскаваторов в ЭКГ-12,5, ЭКГ-15(18), ЭШ 13/50 соответственно 460 кВт; 505 кВт, 615 кВт.

Общие удельные энергозатраты экскаваторов на экскавацию 1 м^3 горной массы определялись расчетным путем на основе использования

полного энергопотребления экскаваторов. В зависимости от грансостава пород они изменялись в следующих пределах: ЭКГ-12,5 – от 0,5 до 0,9 кВтч/м^3; ЭКГ-15(18) – от 0,6 до 1,0 кВтч/м^3; ЭШ 13/50 – от 1,4 до 1,9 кВтч/м^3.

Удельные энергозатраты на экскавацию 1 м^3 горной массы соответствующие совершаемой полезной работе определялись аналогично предыдущему параметру и они составляли в зависимости от грансостава: ЭКГ-12,5 – 0,18÷0,29 кВтч/м^3; ЭКГ-15(18) – 0,17÷0,27 кВтч/м^3; ЭШ 13/50 – 0,31÷0,58 кВтч/м^3.

Нагруженность металлоконструкций экскаваторов существенно зависит от коэффициента разрыхления пород ($К_р$), величина которого изменяется как по ширине, так и по высоте развала.

В результате исследования отмечено, что энергозатраты на операцию черпания менялись параллельно изменению $К_р$ по обратно степенному закону.

Так, для драглайна ЭШ 13/50 при $d_{ср}$ = 0,45 м и $К_р$ = 1,15 удельные энергозатраты были равны 0,8 кВтч/м^3, при $К_р$ = 1,3 — 0,5 кВтч/м^3, $К_р$ = 1,5 — 0,4 кВтч/м^3.

На основе полученных сведений о нагруженности экскаваторов была произведена оценка скорости роста трещин в их металлоконструкциях и осуществлена связь с энерготехнологическими характеристиками. Но с целью уточнения результатов исследований были получены энерготехнологические характеристики отдельных механизмов экскаваторов связанных с отдельными операциями.

В результате точность оценки долговечности металлоконструкций экскаваторов повысилась на 32 %. В расчетах долговечности металлоконструкций можно пользоваться обоими вариантами в зависимости от требуемой точности.

При определении энерготехнологических характеристик отдельных механизмов необходимо

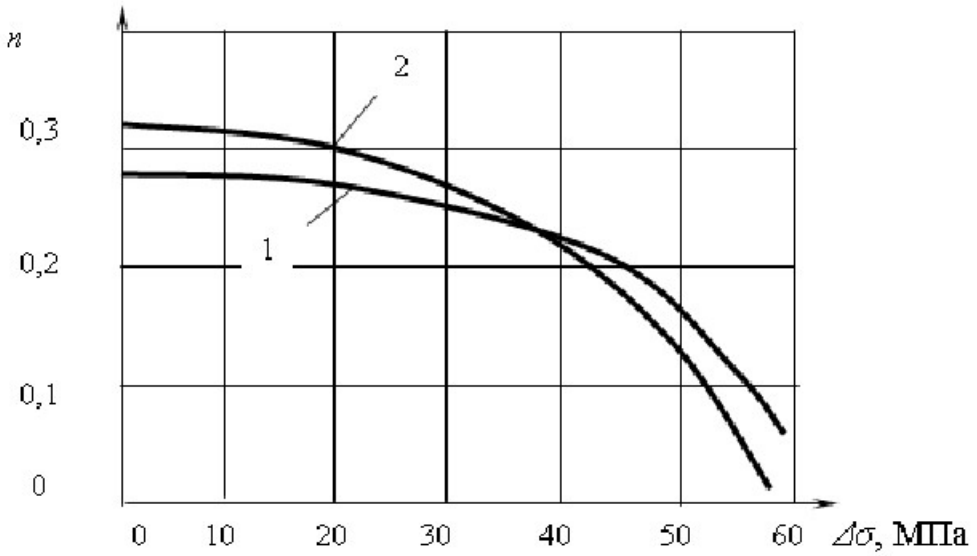

Рис. 3. Распределение размахов напряжений в ходовой раме ЭКГ-12,5 от энергозатрат в процессе экскавации: 1 – $e_э$ = 0,8 кВтч/м^3; 2 – – $e_э$ = 0,4 кВтч/м^3

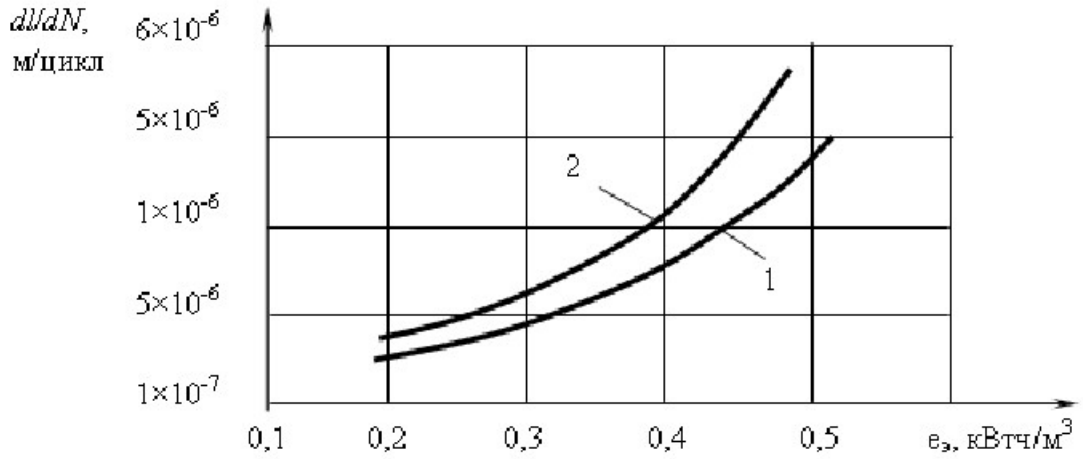

Рис. 4. Зависимость скорости роста трещины длиной 0,0015 м в элементах экскаватора от удельного энергопотребления: 1 – трещина в верхней секции стрелы ЭШ 13/50; 2 – трещина в ходовой тележке ЭКГ-15(18)

учитывать характер их использования. В ходе операции черпанья у драглайна задействуются все механизмы – тяги, подъема, поворота, у прямых лопат аналогично – подъема, напора и поворота. В ходе операции подъема у драглайнов задействуются как механизм подъема, так и механизм тяги; у прямых лопат операция подъема несвязанная с операциями поворота и черпанья является слабовыраженной. В процессе поворота и выгрузки у экскаваторов любых типов используются все механизмы.

В результате исследований установлено, что у всех трех типов экскаваторов наибольшее удельное энергопотребление, идущее на выполнение полезной работы, наблюдалось при операции черпания, на втором месте операция подъема, на третьем месте операция поворота. Наиболее варьируемым фактором было изменение энергопотребления также в ходе операции черпания (коэффициент вариации 23%). Меньше всего параметр варьировался при операции поворота, на него влиял грансостав лишь посредством изменения наполнения ковша (коэффициент вариации 15%). С повышением качества дробления пород увеличивалось наполнение ковша, и вследствие этого повышались энергозатраты.

При экскавации пород с различным качеством подготовки взрывом распределение потребления энергии значительно меняется между механизмами. При экскавации пород при $d_{ср} > 0,5$ м наибольшее энергопотребление имеет место в механизме тяги и подъема у драглайна и механизме напора и подъема у прямых лопат. При экскавации пород с $d_{ср} < 0,5$ м в сравнении с разработкой пород, имеющих в среднем более крупные куски, происходит перераспределение энергопотребления в пользу механизма поворота. При этом облегчается разрушение пород при черпании и повышается коэффициент наполнения ковша, что и приводит к такого рода изменениям. Таким же образом влияет на энергопотребление и качество подготовки пород взрывом к экскавации.

В результате выполненных исследований была определена интенсивность накопления микродефектов в металлоконструкциях экскаваторов при различных условиях эксплуатации и преобразования дефектов в макротрещины. За объект исследования были взяты однотипные экскаваторы ЭКГ-12,5, работавшие длительное время в различных условиях северного и южного Кузбасса разрезов «Кедровский» и «Красногорский». В результате была установлено распределение размахов напряжений от удельных энергозатрат в процессе экскавации (рис. 3).

На основе оценки нагруженности зон сварных швов с трещиноподобными дефектами, циклограмм ее изменения и установленной связи между нагруженностью и качеством подготовки пород были определены скорости роста трещиноподобных дефектов в соответствии с [4]. Так, трещине длиной 0,0015 м развивающейся в ходовой тележке экскаватора ЭКГ-15(18) со скоростью $4 \cdot 10^{-7}$ м/цикл соответствовали удельные энергозатраты 0,35 кВтч/м^3 (рис. 4), а для аналогичной трещины в верхней секции стрелы драглайна ЭШ 13/50 такая же скорость достигается при энергозатратах равных 0,4 кВтч/м^3.

На основании полученных данных разработаны графики, позволяющие по полученным сведениям общих или удельных энергозатрат за длительный период воспроизводить историю нагружения, по ней рассчитывать скорость роста трещин в различных металлоконструкциях экскаваторов, и тем самым оценивать их живучеть. долговечность и остаточный ресурс.

Разработанная методика позволяет предотвращать неожиданные отказы работы экскаваторов, продлевать период их безаварийной эксплуатации, увеличивать общий срок службы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Тангаев И.А.* Энергетические основы оптимизации технологических процессов открытых горных работ. Автореферат диссертации на соискание степени доктора технических наук. Фрунзе. Фрунзенский политехнический институт. 1988. С.32.

2. *Панасюк В.В., Саврук М.П., Дацишин А.П.* Распределение напряжений около трещин в пластинах и оболочках. Киев. Наукова думка. 1976. С. 443 .

3. *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 г. С. 48.

4. *Паначев И.А., Насонов М.Ю., Сидельников С.А.* К оценке прочности стреловых конструкций шагающих экскаваторов при наличии различных типов трещин. ВестникКузГТУ. 1997. №1. С. 45-49.

□ Авторы статьи:

Насонов
Михаил Юрьевич
докт.техн.наук, доцент, зав. каф. сопротивления материалов
КузГТУ
Email: nmu.shsf@kuzstu.ru

Гореликов
Владимир Георгиевич,
докт.техн.наук, с.н.с., проф. каф. механики (Санкт-Петербургский государственный горный университет), т. (812) 3288282.