УДК 621.879.0.32.004.69(035)

М. Ю. Насонов

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ГОРНЫХ МАШИН ПРИ НАЛИЧИИ РАСТУЩИХ ТРЕЩИН

На сегодняшний день проблема списания и продления срока безопасной эксплуатации горной техники (экскаваторы, большегрузные автосамосвалы, буровые станки, бульдозеры) является актуальной. При этом нормативные документы, позволяющие принимать правильное решение с учетом экономических параметров, или параметров безопасности имеются лишь в ограниченном числе [1, 2]. В дополнении в известных литературных источниках по данной тематике имеется лишь незначительное число публикаций [3 - 5].

Существует два подхода при установлении критического состояния металлоконструкций горной машины требующей капитального ремонта либо замены всей конструкции: первый – использование нормативного срока эксплуатации, второй – использование объема переработанной горной массы.

Первый подход основан на среднестатистических данных об эксплуатационных свойствах экскаваторов в зависимости от срока их работы, при этом не учитываются горнотехнические условия эксплуатации, включающие время простоев на ремонте или консервации, замена отдельных элементов конструкции или полное их обновление.

Второй подход основан на среднестатистических данных об эксплуатационных свойствах экскаватора при переработке объема горной массы. Не учитывается фактическое состояние металлоконструкций, интенсивность их износа в зависимости от технологических факторов, включающих физико-механические свойства взорванной горной породы и качество подготовки к экскавации

Износ металлоконструкций в первую очередь определяется:

а) некачественной подготовкой горных пород взрывом, характеризующейся большим средним диаметром куска породы в развале, низким коэффициентом разрыхления пород, большим числом негабаритных кусков породы;

б) эксплуатацией экскаватора при наличии смерзшейся породы или глины в зимний период или при особо низких температурах;

в) несвоевременным ремонтом и диагностическим контролем;

г) эксплуатацией экскаватора с нарушением правил безопасности работ.

Износ металлоконструкций сопровождается накоплением дислокаций и микроповреждений в основном металле и сварных швах металлоконструкции в результате многоцикловой усталости, приводящим к образованию трещин, накоплением макроповреждений при малоцикловых пластических деформациях, накоплением макродефектов в сварных швах при проведении ремонтных работ и образованию искусственно созданных концентраторов напряжений при наложении усиливающих накладок, косынок и пр.

Все это приводит к повышению скорости образования трещин, увеличению их числа и ускорению их роста, и, таким образом, сокращает период безопасной эксплуатации экскаватора и межосмотровый период.

Критическое состояние металлоконструкций экскаваторов наступает в момент, когда скорость роста трещин в ходе нормальной эксплуатации экскаватора достигает критической величины.

В связи с этим, под критическим состоянием металлоконструкций экскаватора, понимается уровень их повреждения, который приводит к недопустимому увеличению средней скорости роста трещин из типичных трещиноподобных дефектов.

Под уровнем приближения к критическому состоянию понимается отношение скорости роста трещин на момент обследования к скорости роста в начальный период эксплуатации, полученным для тех же условий. Скорость трещин в начальный период эксплуатации экскаваторов определяется по протоколам ультразвукового контроля этого периода или расчетным способом.

Под недопустимой (критической) средней скоростью роста трещины следует понимать такую скорость, которая позволяет стандартным допускаемым трещиноподобным дефектам развиваться в трещину от начального размера до критического за период меньший, чем межосмотровый. При этом условия эксплуатации должны быть обычными и незначительно отличаться от предшествующих. При определении величины недопустимой скорости роста трещины должен учитываться коэффициента запаса по долговечности. При этом условия эксплуатации должны быть обычными и незначительно отличаться от предшествующих. Межосмотровый период, согласно заводским требованиям, составляет 6 месяцев.

Учитывая понятие критического состояния металлоконструкций экскаватора, наиболее применимыми оказываются четыре критерия: экономический, надежностный, технологический и технический. Основными из них являются первые два, а остальные - вспомогательными.

Экономический критерий заключается в том, что теоретически экскаватор может безопасно работать неограниченный срок. Однако, для поддержания уровня безопасности необходимо проводить своевременные ремонты и замену частей. В связи с накоплением повреждений в металло-

конструкциях экскаватора во время его эксплуатации, увеличением скорости роста трещин, сокращением времени подрастания трещиноподобных дефектов от допускаемых размеров до критических, возникает потребность уменьшения межосмотровых периодов.

Увеличение частоты осмотров и ремонтов металлоконструкций приводит к уменьшению прибыли и увеличению затрат, т.е. изменению баланса между этими показателями в худшую сторону. В момент, когда межремонтный период становится очень коротким затраты на ремонт могут превысить прибыль от эксплуатации экскаватора, в этот момент становится экономически выгодным экскаватор списать и приобрести новый.

Под надежностным критерием понимают использование параметров надежности для косвенной оценки состояния металлоконструкций. Такими параметрами могут быть коэффициенты готовности, ремонтопригодности, использования, среднее число отказов, поток отказов, наработки на отказ, отказов и простоев, вероятность безотказной работы и т.д. Для использования этих параметров необходимо проводить длительные наблюдения за работой экскаваторов и выполнить анализ документации за большой период времени. Для конкретного экскаватора исследуются параметры за весь период эксплуатации. По полученным данным строятся графики изменения этих параметров. Эти графики имеют пологий вид в течение почти всего периода эксплуатации с определенными скачкообразными изменениями исследуемого параметра после ремонтов. Однако в момент достижения критического состояния происходит резкое устойчивое изменение параметра: либо подрастание, либо уменьшение. Этот момент и является критерием списания экскаватора, полностью соответствуя экономическому критерию.

Под технологическим критерием понимаем момент резкого снижения производительности экскаваторов.

Достоинством методов является отсутствие необходимости производить непосредственные замеры параметров на площадке работы экскаватора, исключают его даже временную остановку.

Экономический критерий является основным, все остальные критерии являются вспомогательными или косвенными. Согласно ему, эксплуатация экскаватора с межосмотровым периодом и ремонтом металлоконструкций меньше полугода экономически не выгодна.

Экономический, надежностный и технологический критерии очень трудоемки и требуют для анализа большое число документов за достаточно большой период эксплуатации. Требуется вычисление параметров надежности и производительности за длительный срок. А, главное, они не учитывают реального состояния металлоконструкций и не позволяют это сделать непосредственно. С их помощью можно опосредованно определить момент экономической целесообразности списания экскаватора, но критерием безопасной эксплуатации они не являются.

В качестве критерия, способного оценить фактическое техническое состояние металлоконструкций экскаватора, возможность их безопасной эксплуатации или необходимость списания является технический критерий. Этот критерий напрямую позволяет определять изменение долговечности металлоконструкций экскаваторов. Метод основан на определении расчетного периода роста трещины и сравнении его с фактическим.

С накоплением повреждений от периода к периоду будет происходить увеличение скорости роста трещин в одних и тех же зонах металлоконструкции при одних и тех же условиях эксплуатации, и уменьшаться срок их подрастания от начального размера до критического. Отношение фактического срока роста трещины к расчетному – есть коэффициент уменьшения долговечности.

В случае, если фактическая скорость роста трещин позволит им вырасти до опасного состояния за период меньше чем полгода, то эту скорость можно признать опасной. Металлоконструкции, в которых трещины растут с такой скоростью, должны быть заменены.

К сожалению, опасная скорость не может быть выражена абсолютными величинами, что связано с большим числом вариантов развития трещин, их расположением и размерами. Эта скорость определяется расчетным путем в зависимости от условий эксплуатации и фактического напряженно-деформированного состояния металлоконструкций в зоне роста трещины.

По скорости роста трещины определяется ее расчетный размер за межосмотровый период. Он сравнивается с фактическим размером трещины, определенным неразрушающими методами контроля – ультразвуковой дефектоскопией (УЗД) и акустической эмиссией (АЭ). Отношение фактической длины трещины к расчетной, также является коэффициентом уменьшения долговечности. По скорости уменьшения долговечности определяемой за несколько лет на основе технических отчетов по результатам УЗД можно прогнозировать момент ее исчерпания. Определение в процессе экспертной оценки текущего состояния и срока дальнейшей безопасной эксплуатации (остаточного ресурса) металлических конструкций производится в соответствии с разработанной методикой, алгоритм которых см. на рис. 1, 2.

Величина недопустимой средней скорости роста трещины должна определяться с учетом коэффициента запаса по долговечности.

Разработанная методика позволяет определять долговечность металлоконструкций экскаваторов и остаточный ресурс (срок безопасной эксплуатации) при наличии в них трещиноподобных дефектов на любой стадии работы и при любом уровне поврежденности микродефектами.

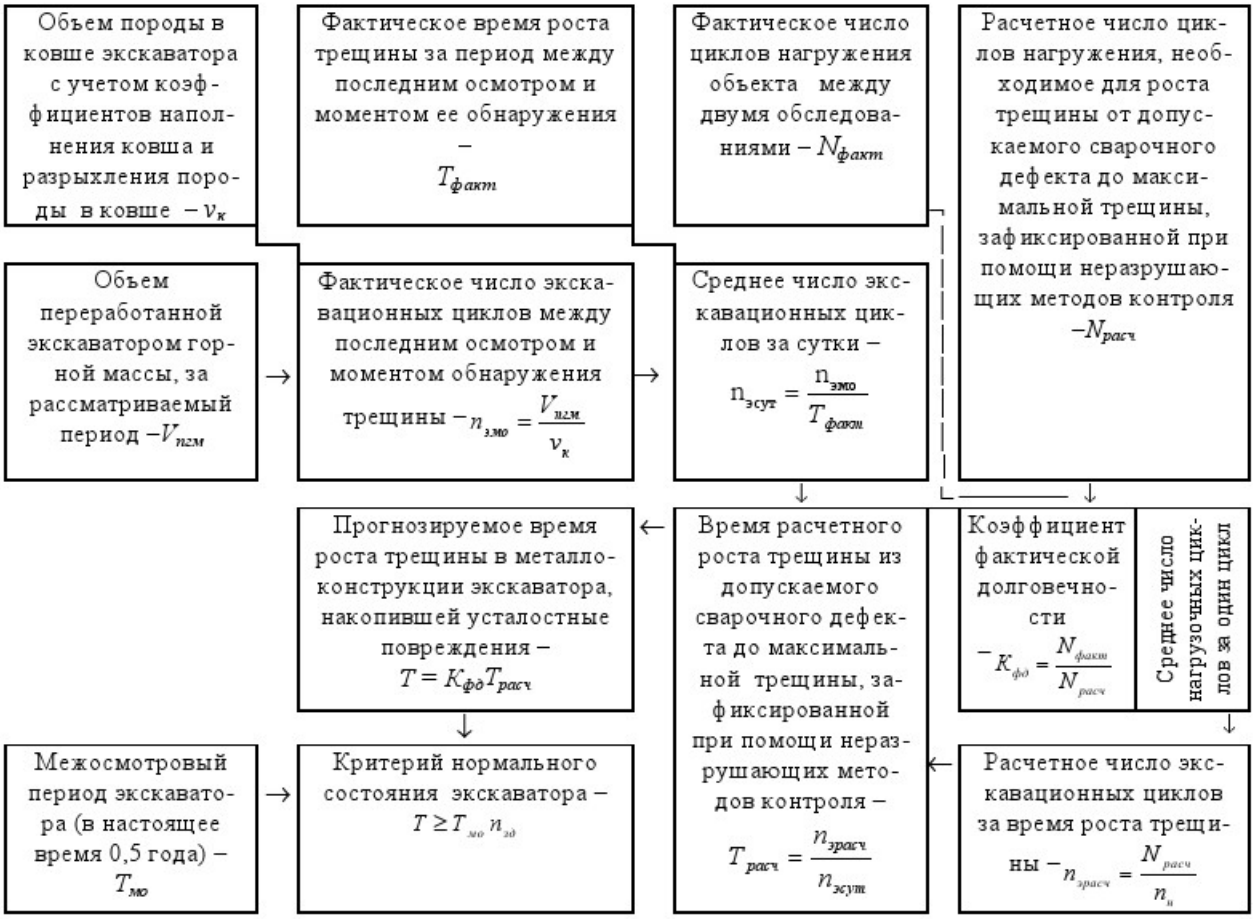

Рис. 1. Схема оценки текущего состояния металлоконструкций горной машины

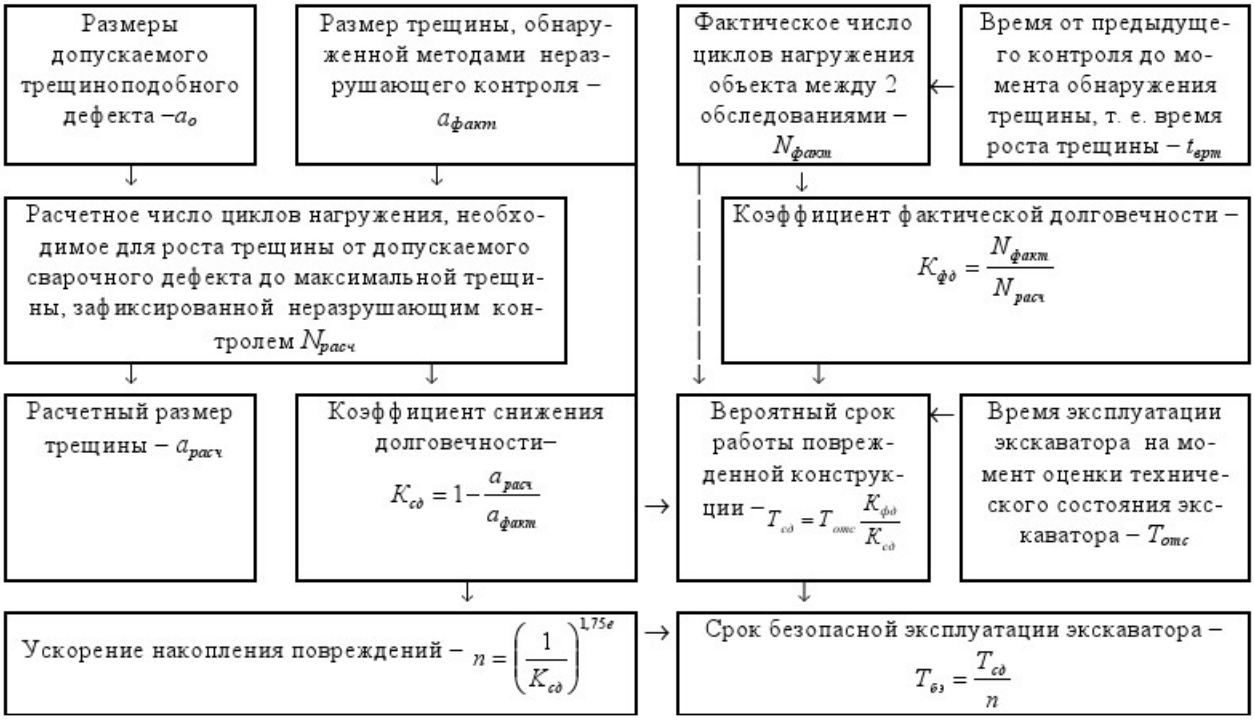

Рис. 2. Схема оценки остаточного ресурса (срока безопасной эксплуатации) металлоконструкций горных машин по скорости роста трещин

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);