

УДК 621.879

**Р.Х. Шарипов**

## **К РАСЧЕТУ НАГРУЗОК, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЮ ЭКСКАВАТОРА ЭКГ-5**

*Рассмотрено влияние изменения скорости подъема ковша на нагрузки, действующие в металлоконструкции экскаватора при экскавации горной массы. В результате экспериментальных исследований методом тензометрии определены действующие значения нагрузок и установлена зависимость изменения напряжений в рукояти от скорости подъема ковша.*

*Ключевые слова:* экскаватор, металлоконструкция.

---

**Н**еоспоримой тенденцией развития мировой горной промышленности на обозримую перспективу считается стабильная ориентация на открытый способ разработки, как обеспечивающий наилучшие экономические показатели. В России открытым способом добывается 91% железных руд, более 70% руд цветных металлов и 60% угля [1]. Основным видом выемочно-погрузочного оборудования при использовании открытого способа добычи полезных ископаемых являются экскаваторы. Для погрузки горной массы на карьерах Урала в основном используются экскаваторы типа ЭКГ с ковшом 4,5 – 5 м<sup>3</sup>. В настоящее время большая часть эксплуатируемых экскаваторов была изготовлена в 70-х и 80-х годах прошлого века [2] и среднестатистическое значение износа экскаваторов на Урале по сроку службы уже превышает 60 %.

Анализ эксплуатационной надежности показывает, что в общей структуре потока отказов экскаваторов доля отказов механического оборудования составляет 50÷70%. Значительную часть (70%) которых занимают отказы металлоконструкций. Надежность экскаваторов снижается с воз-

растанием числа хрупких разрушений базовых узлов металлоконструкций.

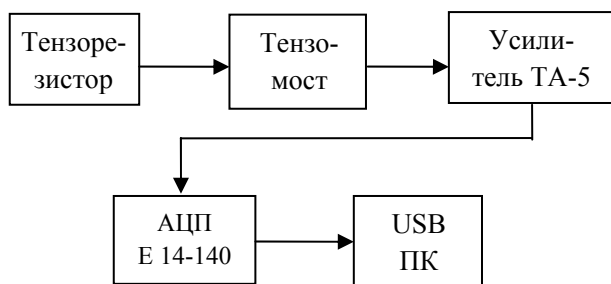
Исследования причин отказов базовых узлов металлоконструкций экскаватора, показывают, что наибольшее количество отказов связано с проявлением пиковых нагрузок, возникающие вследствие низкой квалификации машинистов, плохой подготовленности горной массы к экскавации и др., которые не были учтены при проектировании.

Максимальные нагрузки, действующие на металлоконструкцию, возникают в период черпания горной массы [3]. При черпании горной массы скорость подъема ковша изменяется и может достигать 0,87 м/с., вследствие чего возникают пиковые динамические нагрузки, которые в существующих методиках расчета не учитываются. В качестве примера рассмотрим статический и динамический расчет нагрузок, действующих на металлоконструкцию, по существующим методикам.

Нагрузки, действующие на металлоконструкции прямой лопаты в процессе черпания, определяются усилиями в подъемном канате. Статический и динамический (таблица) расчеты усилий, в подъемном канате

**Результаты статического и динамического расчетов усилий в подъемном канате ЭКГ-5 по категориям породы**

Скорость подъема ковша, м/с	Расчетное статическое усилие, кН				
	Категория пород по трудности экскавации				
	I	II	III	IV	V
	287	312	359	400	475
Расчетное динамическое усилие, кН					
0.05	287.01	311.01	359.01	400.01	475.01
0.87	289.67	313.89	362.34	403.72	479.42



**Рис. 1. Структурная схема тензометрической аппаратуры**

произведенные по методикам, предложенных в [3] и [4] соответственно показывают, как изменяются нагрузки на подъемном канате при эксплуатации экскаватора ЭКГ-5 в разных категориях породы по трудности экскавации [5].

Статический и динамический расчеты по существующим методикам нагрузок, действующих на металлоконструкцию экскаватора, показывают, что нагрузки в основном зависят от характеристики горных пород.

Однако экспериментальные исследования напряжений металлоконструкций экскаватора, возникающих в процессе экскавации горной массы, значительно отличаются от теоретических расчетов. Анализ напряженно-деформированного состояния (НДС) металлоконструкций экскаватора показывает, что на возникновение пиковых нагрузок при черпании горной

массы влияют не только характеристики горных пород, но и изменение скорости подъема ковша. Количественное измерение и анализ напряжений в металлоконструкциях позволит дать рекомендации по их снижению.

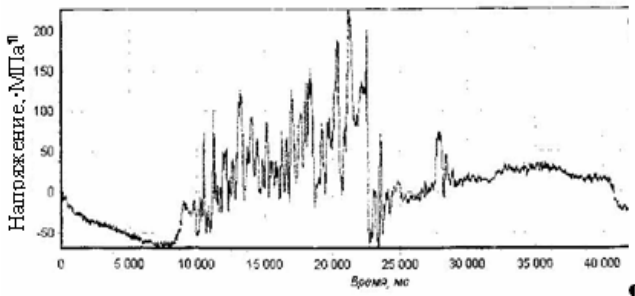
Исследования напряженно-деформированного

состояния металлоконструкций экскаватора проводились методом тензометрии, структурная схема тензометрической аппаратуры представлена на рис. 1.

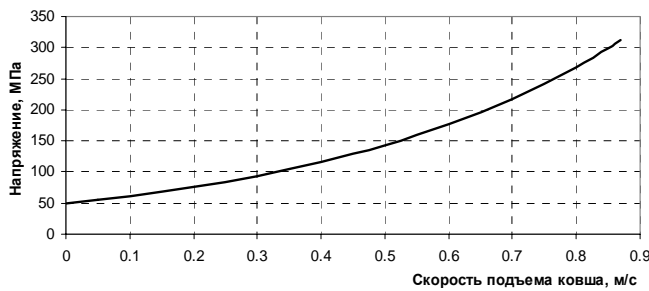
Тензометрическая аппаратура представляет собой комплекс технических средств в основу, которого входит усилитель ТА-5 и многоканальный внешний аналого-цифровой преобразователь Е14-140 фирмы L-CARD (Россия), подключаемый к персональному компьютеру через USB-интерфейс. Усилитель ТА-5 входит в комплект тензометрической аппаратуры, предназначенной для измерения напряжений, возникающих в металлоконструкциях машин в процессе их эксплуатации.

Так как значение выходного сигнала на измерительном стенде выражается в единицах электрического напряжения (В), а для анализа напряженно-деформированного состояния металлоконструкций значение выходного сигнала выражается в МПа. Перевод значения выходного сигнала  $U_0$  из ед. электрического напряжения в МПа производится по известной методике.

Зависимость выходного сигнала  $U_0$  от изменения сопротивления тензорезистора при его деформации определяется по следующей формуле:



**Рис. 2. Распределение напряжений в рукояти ЭКГ-5 в процессе экскавации горной массы (черпание, поворот, разгрузка)**



**Рис. 3. Зависимость напряжений в рукояти ЭКГ-5 от изменения скорости подъема ковша в период черпания горной массы**

$$U_0 = \frac{U_B}{4} \cdot K_S \cdot \varepsilon, \quad (1)$$

где  $U_B$  – напряжение питания тензомоста;  $K_S$  – чувствительность тензорезистора;  $\varepsilon$  – деформация.

Деформацию  $\varepsilon$  тензодатчика выражаем:

$$\varepsilon = \frac{4U_0}{K_S \cdot U_B}, \quad (2)$$

Нормальное напряжение при растяжении или сжатии определяются по закону Гука:

$$\sigma = \varepsilon \cdot E, \quad (3)$$

где  $E$  – модуль упругости материала.

Подставляя деформацию  $\varepsilon$  в закон Гука, получим напряжения в металлоконструкциях экскаватора, возникающих в процессе экскавации горной массы:

$$\sigma = \frac{4U_0}{K_S \cdot U_B} \cdot E, \quad (4)$$

Напряжения, возникающие в рукояти экскаватора в процессе экскавации горной массы, представлены на рис. 2, 3.

Общая оценка НДС рукояти экскаватора ЭКГ-5 показала, что максимальные напряжения возникают в период черпания горной массы. Из экспериментальной зависимости рис. 3 видно, что напряжения возрастают в процессе черпания горной массы и достигают своего максимума в конце черпания, то есть при максимальной скорости подъема ковша.

В результате тензометрических измерений напряжений в рукояти экскаватора установлено, что изменение скорости подъема ковша приводит к возникновению дополнительных нагрузок, которые ведут к аварийным отказам оборудования.

Полученные в результате тензометрического измерения напряжения, возникающие в рукояти при черпании горной массы, аналитически могут быть выражены следующей зависимостью:

$$\sigma = \sigma_{K+P} \cdot \ell^{0,014022 \cdot (K_F \cdot E / H_B \cdot K_P) \cdot K_V}, \quad (5)$$

где  $\sigma_{K+P}$  – напряжения, возникающие от действия нагрузки, получаемой от веса ковша и рукояти;  $K_F$  – коэффициент сопротивления породы копанью;  $E$  – емкость ковша;  $H_B$  – высота напорного вала экскаватора;  $K_P$  – коэффициент разрушения горных пород;  $K_V$  – коэффициент увеличения напряжения при изменении скорости

подъема ковша, значение коэффициента равняется абсолютному значению скорости подъема ковша.

Таким образом, проведенный анализ показывает, что основными причинами аварийных отказов металлоконструкций являются проявления пиковых нагрузок, на которые оказывают влияние не только характери-

стики горных пород, но и изменение скорости подъема ковша в период черпания. Поэтому для уменьшения отказов, связанных с возникновением пиковых нагрузок, необходимо на стадии проектирования металлоконструкции экскаваторов, учитывать нагрузки, возникающие при изменении скорости подъема ковша.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мельников Н.Н., Решетник С.П. Перспективы решения научных проблем при отработке мощных глубоких карьеров // Горное дело: ИГД СО РАН. – Якутск, 1994. – с. 14 -23.
2. Кольга А.Д., Шарипов Р.Х., Качан В.П., Шевченко Л.П. Анализ причин выходов из строя карьерных экскаваторов // 7 международная научно-техническая конференция. Чтения памяти В.Р. Кубачека: Сб. докладов – Екатеринбург ГОУ ВПО УГТУ, 2009. – с.381-386 .
3. Шадов М.И., Подерни Р.Ю. и др. Справочник механика открытых горных работ. Экскавационно – транспортные машины циклического действия. Издательство «Недра», 1989 г.
4. Беляев Н.М. Сопротивление материалов. Москва, 1962 г.
5. Единые нормы выработки на экскавацию и транспортирование горной массы на открытых горных работах. Москва, 1978 г. **ГИАН**

#### Коротко об авторе

Шарипов Р.Х. – инженер, ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова», mgtu@mgtu.ru



#### ДИССЕРТАЦИИ ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	Название работы	Специальность	Ученая степень
<b>ЮЖНО-РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ</b>			
ТКАЧУК Роман Викторович	Обоснование режима вентиляции призабойного пространства подготовительных выработок при управлении использованием энергетического потенциала воздушной среды	25.00.21	к.т.н.