

НАПРЯЖЕНИЯ В МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЯХ ХОДОВОЙ ТЕЛЕЖКИ КАРЬЕРНОГО ЭКСКАВАТОРА

Лагунова Ю. А.^{1,2},

проф., д-р техн. наук,

Макарова В. В.²,

аспирант, старший преподаватель,

Набиуллин Р. Ш.¹,

доц., канд. техн. наук

¹Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург,

²Уральский федеральный университет

им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург

Приведены результаты тензометрических испытаний ходовой тележки карьерного экскаватора. Установлено, что основной причиной силовой нагруженности ходовой тележки являются места концентрации напряжений в металле, приобретенные в процессе изготовления, которые увеличиваются при функционировании экскаватора в процессе экскавации горных пород. Определены векторы главных напряжений и максимальные касательные напряжения, измеренные на внешних поверхностях стенок нижней рамы.

Ключевые слова: карьерный экскаватор, ходовая тележка, тензометрические испытания, векторы главных напряжений, максимальные касательные напряжения.

STRESSES IN METAL STRUCTURES OF THE UNDERCARRIAGE OF A MINING EXCAVATOR

The results of tensometric tests of the undercarriage of a mining excavator are presented. It has been established that the main reason for the power loading of the undercarriage is the places of stress concentration in the metal acquired during the manufacturing process, which increase during the operation of the excavator in the process of excavating rocks. The vectors of the main stresses and the maximum tangential stresses measured on the outer surfaces of the walls of the lower frame are determined.

Keywords: mining excavator, undercarriage, tensometric tests, vectors of main stresses, maximum tangential stresses.

Задачами тензометрического сопровождения испытаний являются определение и фиксация напряжений, возникающих в металлоконструкциях ходовой тележки. Объект испытания — металлоконструкции ходовой тележки экскаватора ЭКГ-20, с рабочим оборудованием типа «прямая лопата» и геометри-

ческой вместимостью ковша 20 м³. Рабочая масса экскаватора — 769 т. Место проведения испытаний — рудоуправление АО «Лебединский ГОК».

Тележка ходовая 7 (рис. 1) является самоходным основанием экскаватора. Состоит из нижней и двух гусеничных рам, правого и левого гусеничного хода с независимыми приводами хода. На верхней поверхности нижней рамы имеются гнезда для установки опорно-поворотного устройства, в задней части установлен кабельный барабан для подачи на экскаватор высокого напряжения. Все металлоконструкции выполнены из низколегированной стали [1].

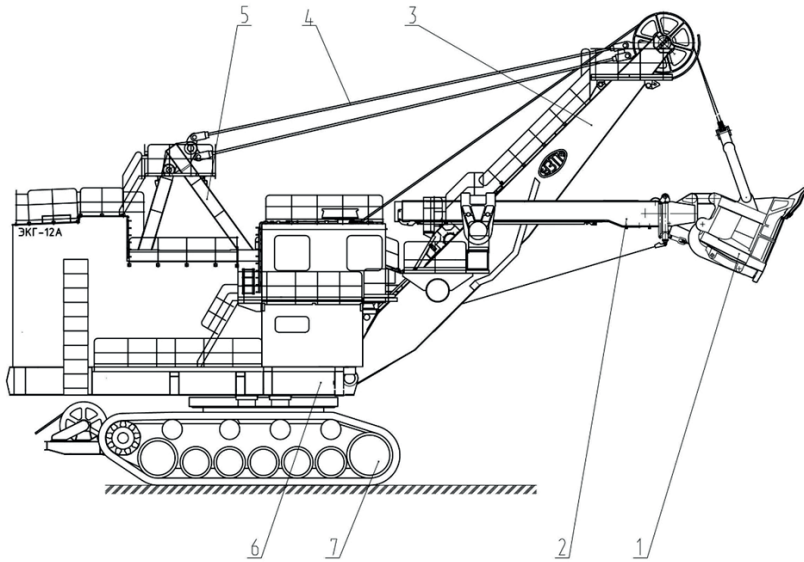


Рис. 1. Общий вид экскаватора:

- 1 — ковш; 2 — рукоять; 3 — стрела; 4 — подвеска стрелы;
5 — двуногая стойка; 6 — платформа поворотная; 7 — тележка ходовая

Узел, называемый «гусеничный ход», состоит из двух гусеничных рам, оборудованных опорными, натяжными, ведущими и поддерживающими гусеничными колесами; бортовыми зубчатыми передачами, встроенными в картеры рам. Нижняя рама предназначена для восприятия через роликовый круг и центральную цапфу нагрузок от поворотной части экскаватора и передачи их на гусеничные рамы. В свою очередь гусеничные рамы — левая и правая — предназначены для восприятия нагрузок от нижней рамы и передачи их через опорные колеса и траки на грунт.

Тензометрирование является одним из основных экспериментальных методов исследования напряженно-деформированного состояния конструкции [2]. Испытание осуществлялось в режимах «повороты хода», которые являются циклическими. Число циклов нагружений ориентировочно составляет 5–10. Ориентировочная продолжительность рабочего цикла экскавации составляет

30–45 с. Схема подключения тензометрических датчиков исключает влияние температурных изменений на измеряемые параметры. Параметр «Время» синхронизирован с соответствующим параметром контрольно-измерительной аппаратуры экскаватора ЭКГ-20. Измеряемые параметры фиксировались на протяжении каждого полного цикла нагружения с интервалом не более 0,2 с. Ожидаемая максимальная величина модуля главных напряжений 200 МПа. Условия проведения испытаний приведены в таблице 1.

Таблица 1

Условия проведения испытаний	
Показатели	Величина
Температура окружающего воздуха при проведении испытаний, °С	0...+30
Прочие факторы окружающей среды (осадки, туман, гололед и т. п.)	0
Прочие существенные условия проведения испытаний: — атмосферное давление, мм рт. ст.; — относительная влажность воздуха, %	750 45
Контроллер сбора данных многоканальный	ZET058 ОС.С.35. 004.А № 73346
Прибор магнитометрический для определения концентрации напряжений в составе со сканирующим устройством	«ИКН» рег. № 20675-11 Тип 1-8Э

Напряжения в металлоконструкциях ходовой тележки измеряются на внешних поверхностях стенок рамы нижней и рамы гусеничной правой, на нижней поверхности «зуба» рамы гусеничной правой и на наружных поверхностях отливок, формирующих картер бортового редуктора. Рассмотрим результаты проведения испытаний в местах контроля в сечении 1–1 (рис. 2).

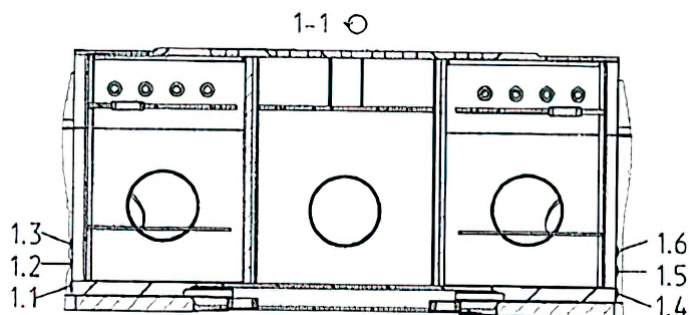


Рис. 2. Схема расположения датчиков.
Рама нижняя (сечение 1–1)

Напряженное состояние металлоконструкций ходовой тележки различается в зависимости от сечения и режима нагружения: рама нижняя — во всех режимах нагружения находится в преимущественно плоском напряженном состоянии, направление главных напряжений ориентировочно вдоль и перпендикулярно кромки листа (влияние возможного изгиба из плоскости листов в контрольных точках не учитывалось).

Необходимо определить векторы главных напряжений σ_1 , σ_2 и максимальные касательные напряжения τ_{\max} и напряжения изгиба «из плоскости» элементов листов ходовой тележки.

В качестве контрольно-измерительной аппаратуры предполагается использовать имеющийся отечественный аппаратно-программный комплекс компании ZETLAB на базе двух восьмиканальных контроллеров сбора данных ZET 058 и программного обеспечения ZETLAB TENZO.

Первичные преобразователи — тензорезисторы располагают в точках характерных сечений рамы нижней, конструкция в исследуемых точках находится преимущественно в плоском напряженном состоянии. Поэтому точное направление главных деформаций неизвестно, можно предположить, что направление главных напряжений будет ориентировано вдоль и перпендикулярно кромке листа [3].

Показатели напряженно-деформированного состояния фиксировались в течение всех циклов нагружений в следующих режимах: «рабочий цикл», «повороты хода», «стопорение подъема», «передвижение экскаватора». Выборка максимальных значений напряжений приведена в таблицах 2–4.

Условия обнуления показаний тензометрических датчиков — ковш на подошве забоя, действуют нагрузки от собственной силы тяжести экскаватора.

Таблица 2

Выборка максимальных значений напряжений в металлоконструкции ходовой тележки в режиме «рабочий цикл» в сечении 1–1

Напряжения, МПа / Номер точки	Слева			Справа		
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6
σ_1	97	101	32	47	86	99
σ_2	96	81	27	33	53	61
τ_{\max}	0	10	3	7	16	19

Таблица 3

**Выборка максимальных значений напряжений в металлоконструкции
ходовой тележки в режиме «повороты хода» в сечении 1-1**

Напряжения, МПа / Номер точки	Слева			Справа		
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6
σ_1	28	23	41	10	21	43
σ_2	18	17	1	8	3	22
τ_{\max}	5	3	20	1	9	11

Таблица 4

**Выборка максимальных значений напряжений в металлоконструкции
ходовой тележки в режиме «стопорение подъема» в сечении 1-1**

Напряжения, МПа / Номер точки	Слева			Справа		
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6
σ_1	91	60	140	59	157	57
σ_2	59	36	96	46	65	50
τ_{\max}	16	12	22	6	46	4

Выводы. При выемке горных пород карьерным экскаватором с рабочим оборудованием типа прямая лопата напряженно-деформированное состояние металлоконструкций ходовой тележки существенно изменяются в пределах рабочих режимов экскаватора, что обуславливается, в основном, как ростом усилия подъема, так и увеличением нагрузки в моменты поворота и перемещения хода.

Список литературы

1. Комиссаров А. П., Лагунова Ю. А., Шестаков В. С. Проектирование карьерных экскаваторов. М. : Инновац. машиностроение, 2017. 228 с.
2. Лагунова Ю. А., Макарова В. В., Набиуллин Р. Ш. Анализ методов диагностирования состояния металлоконструкций на примере экскаваторостроения // Горное оборудование и электромеханика. 2022. № 6 (164). С. 17–25
3. Набиуллин Р. Ш., Мальцев В. В. Выбор оборудования для тензометрического сопровождения силовых испытаний // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности : сб. тр. XX международ. науч.-техн. конф. «Чтения памяти В. Р. Кубачека». Екатеринбург : УГГУ, 2022. С. 56–59.