

**ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГУСЕНИЧНЫХ ЗВЕНЬЕВ
КАРЬЕРНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ**

Лях П.Ф., канд. техн. наук, Донбасская государственная
машиностроительная академия,
Крупко И.В., инж-констр., АО НКМЗ, Краматорск

Исследование напряженного состояния отдельных элементов гусеничных звеньев на натуральных образцах не представляется возможным из-за сложности проведения эксперимента в полевых условиях, а в лабораторных условиях невозможностью создания реально действующих нагрузок. На основе базовых положений теории физического моделирования были рассчитаны масштабы геометрических размеров и нагружения модели гусеничных звеньев карьерного экскаватора.

Research of the intense condition of separate elements of caterpillar parts on natural samples is not obviously possible because of complexity of realization of experiment with field conditions, and in laboratory conditions impossibility of creation of really working loadings. On the basis of base positions of the theory of physical modeling scales of the geometrical sizes and loadings models of caterpillar parts quarry.

Гусеничные звенья карьерных экскаваторов имеют значительные габаритные размеры и массу. В процессе работы они подвержены большим нагрузкам как при передвижении так и при работе в забое. Исследования напряженного состояния отдельных элементов гусеничных звеньев на натуральных образцах не представляется возможным из-за сложности проведения эксперимента в полевых условиях, а в лабораторных условиях невозможно создания реально действующих нагрузок. Поэтому, для исследования напряженного состояния элементов гусеничного звена могут быть применены методы физического моделирования, имеющие тенденцию к дальнейшему развитию [1].

Условия подобия процессов нагружения гусеничных звеньев экскаваторов, при изучении их напряженного состояния, можно находить с использованием основных и дополнительных положений подобия сложных систем. В общем случае гусеничное звено можно рассматривать как металлоконструкцию, состоящую из совокупности

отдельных подсистем (балки, стержня, обшивки, соединения, упругих опор и др.).

Известно [1, 2, 3], что из уравнений напряженного состояния металлоконструкции следует система инвариантов, включающая ряд безмерных комбинаций, определяющих механическое подобие упругих тел.

$$\epsilon, \mu, G/E, f/e, P/E, (\rho \cdot l \cdot A) / \epsilon, \quad (1)$$

где ϵ – относительная линейная деформация;

μ – коэффициент Пуансона;

E – модуль упругости при растяжении;

G – нормальные напряжения;

l, A – геометрические характеристики звена;

ρ – плотность материала звена;

P – удельные давления.

В процессе моделирования гусеничных звеньев экскаваторов необходимо придерживаться следующих ограничений и требований [1, 2, 4]:

-несущие элементы металлоконструкции модели в целом должны быть геометрически подобны элементам и металлоконструкции (звена) реального образца;

-модель должна быть сделана из материала, аналогичного материалу реального образца;

-масса технологических узлов должна быть пропорциональна квадрату линейных размеров.

Принимая в качестве независимых масштабов масштаб геометрического подобия K_l , масштаб модуля упругости K_E и плотности для производственных получаемых следующие ограничения [1, 4]:

$$K_p = K_E \cdot K_l^2 \quad (2)$$

где K_p – масштаб силы.

Так как в данном случае применяются различные материалы для натуре и модели звена, то при масштабном факторе $K_g = 1$ необходимо выполнять условия

$$K_E = K_l \cdot K_p, \quad (3)$$

где K_p – масштаб плотности материалов.

При этом предлагается, что в исследуемых деталях (звеньях гусеничной цепи), воспринимающих рабочие нагрузки, напряжения и деформации меняются в пределах пропорциональности.

Исследования напряжений и деформаций в траках с применением моделей из алюминиевых сплавов с низким модулем продольной упругости должны быть также основаны на условиях подобия. Для деформации детали и модели в пределах пропорциональности общие условия подобия приведены в работах [3, 4].

Модель по отношению к натуре выполняется с соблюдением масштабов K_l и K_P геометрического и силового подобия

$$K_l = \frac{l_{\text{det}}}{l_{\text{mod}}}, \quad (4)$$

$$K_P = \frac{P_{\text{det}}}{P_{\text{mod}}}, \quad (5)$$

где l_{det} , и l_{mod} – длины между подобными точками детали и модели;

P_{det} , и P_{mod} – величины сил, приложенных в подобных местах детали и модели.

Масштабы K_l и K_P для исследуемых моделей и деталей природы постоянны, и нагрузки, действующие на модели и детали природы пропорциональны. Если звенья и их модели деформируются в пределах упругости и выполнены из однородного и изотропного материала, то в условиях моделирования входят две постоянные материала и модели [3]:

-модуль продольной упругости E_{pod} и E_{mat} ;

-коэффициент Пуансона μ_{pod} и μ_{det} .

В данном случае, когда модели звеньев геометрически полностью воспроизводят форму звеньев экскаваторов при соответствующих нагрузках на модель и деталь, масштаб линейных перемещений определяется исходя из разности перемещений с введением модуля продольной упругости [3, 4]

$$(\Delta l)_{\text{del}} = \text{const} \cdot \frac{P_{\text{det}}}{E_{\text{det}} \cdot l_{\text{det}}}, \quad (6)$$

$$(\Delta l)_{\text{mod}} = \text{const} \cdot \frac{P_{\text{mod}}}{E_{\text{mod}} \cdot l_{\text{mod}}} \quad (7)$$

Отсюда при полном воспроизведении формы и нагрузки на звенья

$$(\Delta l)_{\text{det}} = \frac{E_{\text{mod}}}{E_{\text{det}}} \cdot \frac{K_P}{K_l} \cdot (\Delta l_{\text{mod}}). \quad (8)$$

Как следует из зависимости, отношение линейных перемещений в детали и в модели при произвольных величинах K_l и K_P , $E_{\text{mod}}/E_{\text{det}}$, может не равняться масштабу геометрического подобия K_l , т.е. перемещение в модели будет получаться в другом линейном масштабе, а не в принятом масштабе размеров модели. Если масштаб линейных перемещений равен масштабу геометрических параметров, то должно соблюдаться следующие условие

$$K_l^2 = \frac{E_{\text{mod}}}{E_{\text{det}}} \cdot K_P \quad (9)$$

$$\frac{G_{\text{det}}}{E_{\text{det}}} = \frac{G_{\text{mod}}}{E_{\text{mod}}} \quad (10)$$

Деформация при этом ограничивается пределом пропорциональности.

При проведении экспериментальных исследований в основу был принят второй способ, который заключается в том, что модели звеньев были изготовлены из алюминиевого сплава АП8, имеющего более низкий модуль продольной упругости $E_{\text{mod}} = 0.7 \cdot 10^3$ МПа. Масштабы геометрических параметров и нагрузок, действующих на модели траков экскаваторов

ЭКГ-8И и ЭКГ-4,6Б приведены в таблице 1, при этом выполнено требование к условиям подобия, изложенным выше.

Таблица 1- Масштабы геометрических параметров и нагрузок на модели гусеничных звеньев экскаваторов

Модели гусеничных звеньев экскаваторов	Масштабы		Отношение E_{mod}/E_{det}
	геометрических размеров	действующих нагрузок	
ЭКГ-4,6Б	$m_r = 2,5$	$m_p = 9,4$	3
ЭКГ-8И	$m_r = 3,8$	$m_p = 16$	3

Таким образом, при моделировании звеньев гусеничной передачи были получены геометрические размеры деталей, изготовленных из алюминиевого сплава и нагрузки, соответствующие действительным условиям нагружения звеньев карьерных экскаваторов.

Список источников

1. Баловнев В. И. Методы физического моделирования рабочих процессов дорожно-строительных машин. М.: машиностроение, 1974-232с.
2. Баловнев В. И. Моделирование процессов взаимодействия со средой рабочих органов дорожно-строительных машин. М.: Высшая школа, 1984-335с.
3. Пригоровский Н. И., Прейс А. К. Исследование напряжений и жесткости деталей машин на тензометрических моделях. М.: Наука, 1958-232с.
4. Пригоровский Н. И. Экспериментальные исследования и расчет напряжений в конструкциях. М.: Наука, 1975-280с.