УДК 622.271.4

П.В. Буянкин

РАСЧЕТ НАГРУЗОК В ОПОРНО-ПОВОРОТНОМ УСТРОЙСТВЕ ЭКСКАВАТОРА-МЕХЛОПАТЫ

Фактические условия работы одноковшовых экскаваторов-мехлопат, выражаются в постоянном изменении нагрузок, приводящему к износу оборудования, что выражается в увеличении внеплановых простоев и снижении производительности всего горного предприятия.

Одним из способов повышения надежности экскаваторов-мехлопат является поиск решений по снижению влияния эксплуатационных нагрузок на узлы машины, в том числе на элементы опорно-поворотного устройства.

В результате анализа литературы [1, 2] установлено, что расчету динамических нагрузок, возникающих в процессе эксплуатации и влияющих на опорно-поворотное устройство, уделялось не достаточное внимание. Это часто приводит к тому, что некоторые расчеты элементов выполнены не корректно, что может выражаться в неверном выборе материалов и конструкций, излишней металлоемкости узла, или в недостаточной прочности конструкции, приводящей к преждевременному повреждению детали. В этой связи при проектировании необходимо более полно учитывать возникающие в процессе эксплуатации динамические нагрузки.

Для установления причин повреждений элементов опорно-поворотного устройства при воздействии динамических нагрузок выполнен ряд экспериментальных исследований. В результате этого установлено, что ролики роликового круга в процессе вращения поворотной платформы перемещаются по кругу, направление черпания при этом относительно нижней рамы периодически меняется, поэтому износ нижнего рельса и роликов относительно равномерный. Наибольшему износу (раскатыванию) подвержена передняя часть верхнего рельса (до 40 мм), закрепленная неподвижно к поворотной платформе со стороны рабочего оборудования, и центральная цапфа. Площадь контакта переднего ролика и верхнего рельса представляет собой прямоугольник величиной 678 мм^2 (длина 114 мм и ширина 6 мм).

По результатам инструментальных измерений построен график износа рельса, проанализировав который предположено, что величина изнашивания прямо пропорциональна участию конкретного ролика при восприятии эксплуатационной нагрузки в середине пятна его контакта с рельсом (рис.1). Из этого рисунка также видно, что максимальные вертикальные нагрузки воспринимаются его передней частью расположенной напротив 5 передних роликов

Изучение характера повреждения центральной цапфы опорно-поворотного устройства, показало, что ее износ выражается в виде изнашивания в местах трения, и что наиболее неблагоприятино - излома верхней части, причиной которого являются эксплуатационные нагрузки.

Для определения значений нагрузок на верхнем рельсе используется термин «коэффициент участия ролика» - K_y, говорящий о величине восприятия им части удельной нагрузки – $N_{yд}$, определяемой по формуле:

$$N_{yд} = \frac{N_y}{\sum K_y}, \qquad (1)$$

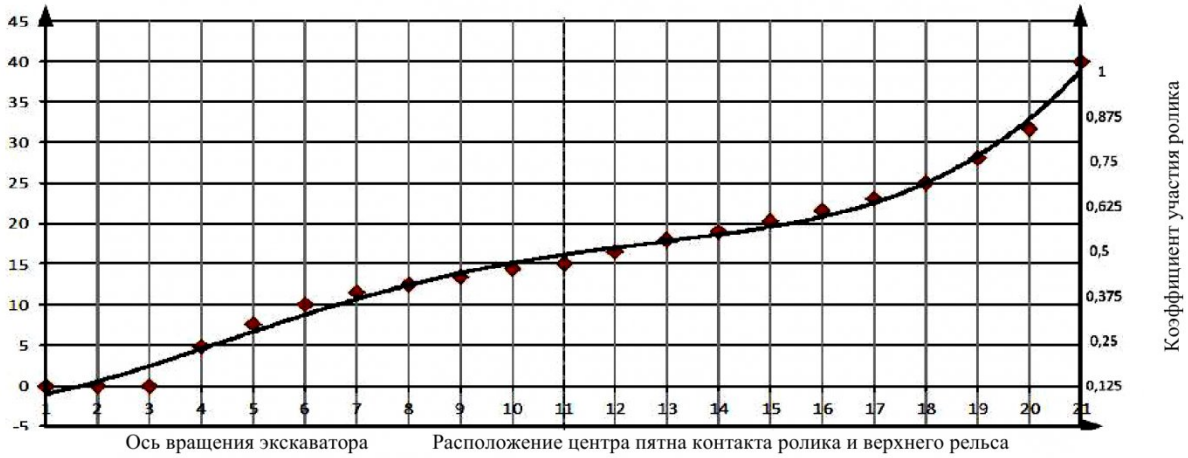

Рис. 1. Зависимость величины износа верхнего рельса экскаватора ЭКГ-10 от расположения линии центра пятна контакта и коэффициента участия ролика при восприятии единичной нагрузки

Коэффициенты участия роликов в восприятии эксплуатационных нагрузок определены графически из рис.1: для переднего (первого) ролика этот коэффициент равен 1, для второго и третьего – 0,98, четвертого и пятого – 0,85.

Для исследования влияния эксплуатационных нагрузок, на примере экскаватора-мехлопаты ЭКГ-10 выполнены работы по динамическому расчету усилий в опорно-поворотном устройстве, возникающих при его черпании и наклоне поворотной платформы (до 12 градусов).

На основе динамического моделирования искомых реакций связей, возникающих в основании поворотной платформы - опорно-поворотном устройстве, получены зависимости максимальных нагрузок от времени черпания, при воздействии усилий резания и напора, движения центра масс вращающейся части при черпании, а также с учетом угла наклона поворотной платформы [3]. Результаты расчетов, выполненных в программе MATCAD, приведены на рис.2.

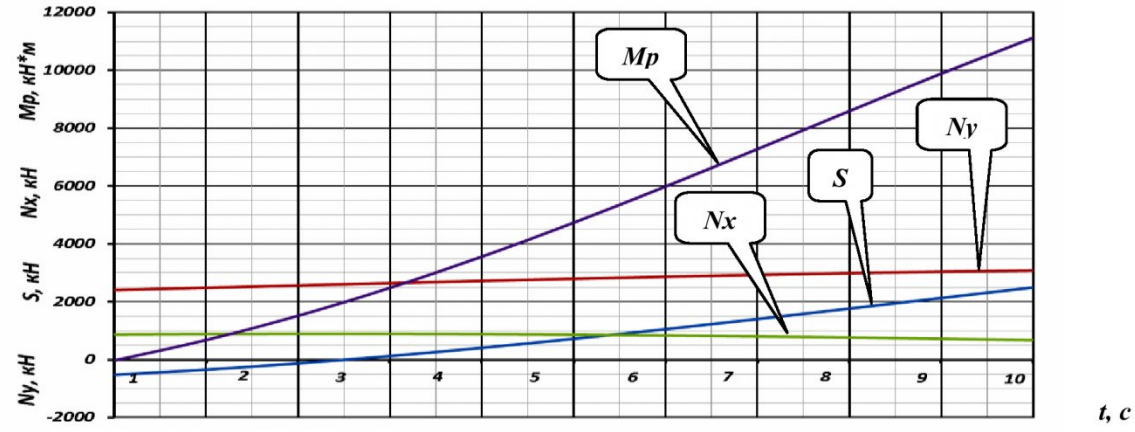

Рис.2. Графики зависимостей горизонтальной N_X и вертикальной N_Y нагрузок, отрывающего усилия в центральной цапфе – S и вращающего момента M_p в опорно-поворотном устройстве экскаватора ЭКГ-10 от времени черпания с учетом влияния усилий резания и напора, а также угла наклона поворотной платформы

Рис. 3. Картина распределения эквивалентных напряжений по критерию Мизеса в элементах

Согласно полученным результатам (рис.1) установлено, что воздействие усилия резания и напора, наклона поворотной платформы приводит к знакопеременным реакциям связей в опорно-поворотном устройстве (реактивного момента и отрывающего усилия), что влияет на перераспределение нагрузок при их максимальных значениях: горизонтальная составляющая нагрузок и вращающий момент воздействуют на центральную цапфу, вертикальная составляющая – воспринимается верхним рельсом.

Перераспределение вертикальной нагрузки (3082 кН) с роликов на центральную цапфу (2494 кН) приводит к тому, что их часть (5 передних роликов) воспринимает остальную нагрузку: $\Sigma N_{уд}^{ост} = N_y\text{-}S=3082\text{-}2492=590$ кН. Средняя величина $N_{уд}^{ср}$ будет равна 118 кН. Определение напряжений на верхнем рельсе в районе передних роликов приведено в табл.1. К примеру при площади контакта в 678 мм^2 напряжение на переднем ролике с коэффициентом -1 будет равно 174 Н/мм^2.

Для сопоставления полученных результатов в программе SolidWorks Simulation с помощью метода конечных элементов построена модель напряженно-деформированного состояния опорно-поворотного устройства экскаватора ЭКГ-10.

В результате установлено, что наиболее нагруженным элементом опорно-поворотного

Таблица 1. Сравнение данных динамического расчета и моделирования НДС опорно-поворотного устройства экскаватора ЭКГ-10

Номер ролика	Формула определения расчетных напряжений	Напряжения, полученные в результате расчетов, Н/мм^2	Напряжения, полученные в результате моделирования, Н/мм^2	Погрешность, %
1	$\sigma=K_y * N_{уд}^{ср}/ 678\ мм^2$	174	184	0,95
2 и 3		171	172	0,99
4 и 5		148	160	0,92

устройства является центральная цапфа (рис.3). Максимум напряжений расположен в области галтели, также концентратором напряжений является отверстие под рым-болт. В этом районе имеются напряжения превышающие предел текучести для ст. 40 по ГОСТ-1050 из которой изготовлена цапфа (275 МПа для ст.40). Этот факт подтверждает, что эксплуатационные нагрузки носят характер разрушающих, и приводят к поломке центральной цапфы.

Из рис.3 также видно, что на линии контакта пяти передних роликов, верхнего и нижнего рельсов имеются максимальные напряжения, что подтверждает картину износа верхнего рельса при воздействии эксплуатационных нагрузок. опорно-поворотного устройства экскаватора ЭКГ-10 при воздействии эксплуатационных нагрузок.

Сопоставление данных динамического расчета усилий в опорно-поворотном устройстве экскаватора ЭКГ-10 и моделирования его НДС приведены в табл.1.

Рассмотрение полученных результатов показывает на удовлетворительную сходимость данных полученных в результате экспериментальных работ, аналитических расчетов и компьютерного моделирования напряженного-деформированного состояния опорно-поворотного устройства экскаватора ЭКГ-10. Средняя погрешность при этом не превышает 0,95 или 5%, что свидетельствует о корректности выполненных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Подэрни, Р. Ю.* Механическое оборудование карьеров: учеб. для вузов. – 6-е изд. – М.: МГГУ, 2007. – 680 с.

2. *Доронин С.В., Чурсина Т.А.* Основы проектных расчетов горных машин и оборудования: Учеб. пособие / ГАЦМиЗ. – Красноярск, 2002. -76 с.

3. *Буянкин П.В., Соколова Е.К.* Моделирование динамических нагрузок на опорно-поворотное устройство экскаватора-мехлопаты // Энергетическая безопасность России. Новые подходы к развитию угольной промышленности: Труды XV межд. науч.-практ. конф. – Кемерово, 2013. – С.38-41.

Автор статьи:

Буянкин
Павел Владимирович,
старший преподаватель каф/
«Горные машины и комплексы»
КузГТУ,
e-mail: pv.buyankin@gmail.com.