

УДК 629.114.42

ОСНОВНЫЕ РАСЧЕТНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ И ПАРАМЕТРЫ  
ДЛЯ СИСТЕМЫ ОГРАНИЧЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ  
НАГРУЖЕННОСТИ НЕСУЩЕЙ СИСТЕМЫ САМОСВАЛА  
И КОНТРОЛЯ РОВНОСТИ КАРЬЕРНЫХ ДОРОГ  
MAIN DESIGN DEPENDENCIES AND PARAMETERS FOR THE  
LIMITATION SYSTEM OF THE DYNAMIC LOADING OF THE  
BEARING SYSTEM OF A DUMPTRUCK AND CONTROL  
FLATNESS OF THE CAREER ROAD

Б.У. Бусел<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доц., М.В. Рак<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Беларусь,

<sup>2</sup>ОАО «БелАЗ», г. Жодино, Беларусь

B.U. Busel<sup>1</sup>, Ph.D. in Engineering, Associate professor, M. Rak<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Belarusian national technical University, Minsk, Belarus

<sup>2</sup>JSC "BelAZ", Zhodino, Belarus

Предложены механико-математические основы функционирования системы контроля динамической нагруженности несущей системы карьерного самосвала.

Proposed mechanics and mathematical bases of functioning of the monitoring system of dynamic loading of the bearing system of a career dumptruck.

## ВВЕДЕНИЕ

Поддержание в эксплуатации приемлемой ровности карьерных дорог и высокой скорости движения карьерных самосвалов при обеспечении достижения объявленного ресурса машины является важной задачей повышения эффективности горнодобывающего комплекса.

Для оценки качества поверхности карьерных дорог предлагается использовать сопоставимые показатели силовой динамической нагруженности несущей системы карьерного самосвала. Основными информационными процессами для этого являются реализации сил в цилиндрах подвески и скорость движения самосвала.

## ОСНОВНЫЕ РАСЧЕТНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ И ПАРАМЕТРЫ

Для экспресс-оценки уровня силовой динамической нагруженности несущей системы от воздействия неровностей дороги воспользуемся понятием коэффициента динамичности в виде

$$K_{дi} = \frac{F_{\max i}}{F_{ст}} = \frac{F_{ст} + F_{дi}}{F_{ст}}, \quad (1)$$

где  $F_{ст}$  – нормативное значение статической нагрузки на цилиндр подвески;

$F_{\max i}$  – выделенный  $i$ -й максимум реализации силы в цилиндре;

$F_{дi}$  – динамическая составляющая нагрузки  $F_{\max i}$ .

В дальнейшем анализе динамической нагруженности несущей системы учитываются значения  $K_{дi} > 1$ . Выделенные, обособленные, по пути  $K_{дi}$  большой величины например  $F_{дi} > 2 \div 3$ , являются индикаторами наличия на дороге неприемлемых неровностей; последовательность таких  $K_{д}$  показывает наличие «гребенки».

Для обобщенной оценки уровня динамической нагруженности на расчетном участке дороги и, соответственно, ровности этого участка предлагается показатель «сопоставимый накопленный коэффициент динамичности» по процессу нагружения

$$KD = \frac{\sum K_{дi}}{S_p},$$

где  $F_{дi}$  –  $i$ -й выделенный коэффициент динамичности на расчетном участке дороги протяженности  $S_p$  (в км).

Полученные  $KD$  могут анализироваться как отдельно по цилиндрам подвески, так и в суммарных величинах по мостам, колеям и в целом по самосвалу. Значения  $KD$  приведены к пробегу в 1 км и поэтому позволяют сопоставлять уровни динамической нагруженности по расчетным участкам дороги, или же с установленными предельными значениями.

Сопоставимый показатель силового динамического нагружения конструкции как оценка сопоставимого усталостного воздействия определяется выражением

$$T = \frac{1}{S_p} \sum_i F_{aэi}^m, \quad (2)$$

где  $F_{aэi}$  – эквивалентная амплитуда выделенного  $i$ -й цикла нагрузки;  
 $m$  – показатель степени.

Из выражения (1) получаем

$$F_{di} = F_{ст} (K_{di} - 1). \quad (3)$$

В соответствии со схематизацией процесса нагружения методом максимумов и с учетом выражения (3) записываем

$$F_{ai} = F_{ст} (K_{di} - 1).$$

Тогда эквивалентная амплитуда выделенного  $i$ -й цикла определяется выражением

$$F_{aэi} = F_{ст} (K_{di} - 1 + \psi), \quad (4)$$

где  $\psi$  – коэффициент чувствительности к асимметрии цикла.

Сопоставимый показатель силового динамического нагружения (2) с учетом (4) записывается в виде

$$T_{KD} = \frac{1}{S_p} \sum_i [F_{ст} \cdot K_k (K_{di} - 1 + \psi)]^m,$$

где  $K_k$  – корректирующий коэффициент, обусловленный применением схематизации методом максимумов.

Более информативные и точные значения сопоставимых показателей динамического силового нагружения несущей системы карьерного самосвала получаются по комплексным силовым факторам [1, 2], которые формируются из информационных процессов:

$$R = (F_{пл} + F_{зп}) - (F_{мп} + F_{зл}) - \text{кручение рамы};$$

$$P = (F_{зл} + F_{зп}) - (F_{пл} + F_{мп}) - \text{продольный крен};$$

## Секция «АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЕ»

$B = (F_{пл} + F_{зл}) - (F_{пш} + F_{зш})$  – поперечный крен.

Введены обозначения:

$F_{пл}, F_{пш}$  – силы в передних левом и правом цилиндрах;

$F_{зл}, F_{зш}$  – силы в задних левом и правом цилиндрах.

Обработка реализаций процессов  $R, P$  и  $B$  для каждого расчетного участка пути выполняется методом «падающего дождя» [3, 4]. Эквивалентные амплитуды выделенных циклов процессов  $R, P$  и  $B$  определяются выражениями

$$R_{a/b} = R_{a/и} + \psi \bar{R}_{иц};$$

$$P_{a/b} = P_{a/и} + \psi \bar{P}_{иц};$$

$$B_{a/b} = B_{a/и} + \psi \bar{B}_{иц},$$

где  $R_{a/и}, P_{a/и}$  и  $B_{a/и}$  амплитуды выделенного  $i$ -го цикла процессов  $R, P$  и  $B$ ;  $\bar{R}_{иц}, \bar{P}_{иц}, \bar{B}_{иц}$  – средние значения выделенного  $i$ -го цикла процессов  $R, P$  и  $B$ .

Сопоставимые показатели силового динамического нагружения рамы по процессам  $R, P$  и  $B$  определяются выражениями:

$$T_R = \frac{1}{S} \sum_i R_{a/b}^m;$$

$$T_P = \frac{1}{S} \sum_i P_{a/b}^m;$$

$$T_B = \frac{1}{S} \sum_i B_{a/b}^m.$$

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оценочные параметры, предложенные в настоящей работе, предназначены для сопоставления уровней динамической силовой нагруженности несущей системы с установленными нормативными или пороговыми значениями и по факторам: ровность карьерной дороги и скорость движения.

На основе представленных в статье результатов разработан алгоритм работы системы ограничения динамических нагрузок несущей

системы самосвала и контроля ровности карьерных дорог в эксплуатации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Haul Road. Устройство технологических дорог и их обслуживание. Дороги с неровной поверхностью. Материалы фирмы Катерпиллар. <https://www.caterpillar.com/ru.html>; [https://www.cat.com/ru\\_RU/company.html](https://www.cat.com/ru_RU/company.html).

2. VIMS analyse. Анализ производительности и эксплуатации самосвала CAT 785C. Состояние технологической дороги. Материалы фирмы Катерпиллар. <https://www.caterpillar.com/ru.html>; [https://www.cat.com/ru\\_RU/company.html](https://www.cat.com/ru_RU/company.html).

3. Межгосударственный стандарт. Расчеты и испытания на прочность. Методы схематизации случайных процессов нагружения элементов машин и конструкций и статистического представления результатов ГОСТ 25.101–83.

4. Шмелёв А. В. Совершенствование методов схематизации случайных процессов нагружения и расчета усталостной долговечности несущих конструкций грузовых автомобилей. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Минск, 2012.