

УДК 658.382.3:630\*31

**Е. С. Буряк**

Буряк Евгений Семенович родился в 1942 г., окончил в 1971 г. Архангельский лесотехнический институт, доцент кафедры промышленного транспорта Архангельского государственного технического университета. Имеет 34 печатные работы по исследованию динамики лесовозных автопоездов, промышленных железных дорог (содержание и ремонт УЖД).



### **АППРОКСИМАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ КРИВЫХ КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА ДЛЯ ПОЛУОСЕЙ ЛЕСОВОЗНОГО АВТОМОБИЛЯ**

В результате исследования нагруженности трансмиссии автомобиля МАЗ-509 в условиях работы лесовозных дорог с гравийным и колейным покрытием из железобетонных плит получены осциллограммы крутящего момента на полуосях. Для практического применения осциллограммы кривые крутящего момента аппроксимированы рядом Фурье.

лесовозный автопоезд, крутящий момент, полуоси, аппроксимация.

Вопрос о нагруженности трансмиссии лесовозного автомобиля изложен нами в работе [1], где приведены результаты экспериментальных исследований, в частности осциллограммы крутящего момента полуосей автомобиля МАЗ-509. Опыты проводили в условиях Луковецкого ЛПХ Архангельской области на дорогах с гравийным и колейным покрытием из железобетонных плит.

Экспериментальные кривые крутящего момента на осциллограмме отображают лишь характер протекания процесса нагружения трансмиссии автомобиля. Ценность экспериментального материала для практического использования, например для расчета надежности, долговечности трансмиссии, будет значительнее при аналитической аппроксимации полученных кривых крутящего момента. В связи с этим необходимо проследить изменения крутящего момента в функции пути или времени при устранении случайных возмущений («выбросов») и возможных неточностей измерений в процессе обработки осциллограмм.

При решении задачи согласования экспериментальной функции в качестве математического средства применим разложение в ряд Фурье [2], синус-преобразование которого имеет вид

$$g \approx b_1 \sin \frac{\pi}{l} x + b_2 \sin \frac{2\pi}{l} x + \dots + b_m \sin \frac{m\pi}{l} x .$$

При этом возникают два вопроса. Первый состоит в том, что если не принять надлежащих мер предосторожности, то ряд Фурье функции  $f(x)$  будет очень слабо сходиться. Чтобы получить лучшую сходимость тригонометрического полинома, из известной функции  $f(x)$  вычтем надлежаще выбранный двучлен  $\alpha + \beta x$ :

$$g(x) = f(x) - (\alpha + \beta x).$$

Коэффициенты  $\alpha$  и  $\beta$  определяем из граничных условий  $g(0) = 0$ ;  $g(l) = 0$ .

Располагая значениями

$$y(k) = f(kh), \quad (k = 0, 1, 2, \dots, n), \quad kh = x,$$

выполним преобразование

$$g(x) = f(x) - \frac{f(0) + f(l)}{l} x.$$

Коэффициенты ряда Фурье

$$b_k = \frac{2}{n} \sum_{\alpha=1}^{n-1} g(\alpha h) \sin k \frac{\pi}{n} x$$

вычислим с учетом корректировки двучленом.

Опустив в ряде все члены, следующие за  $k = m$ , что исключает все высокочастотные помехи, получим

$$g(x) = \sum_{k=1}^m b_k \sin k \frac{\pi}{l} x.$$

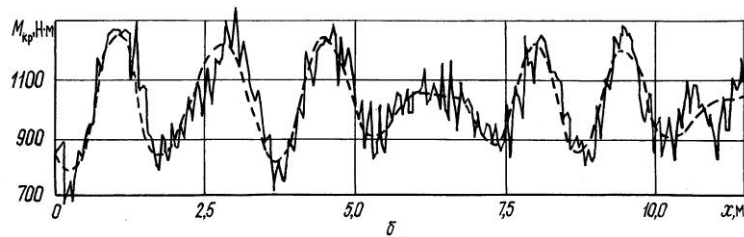
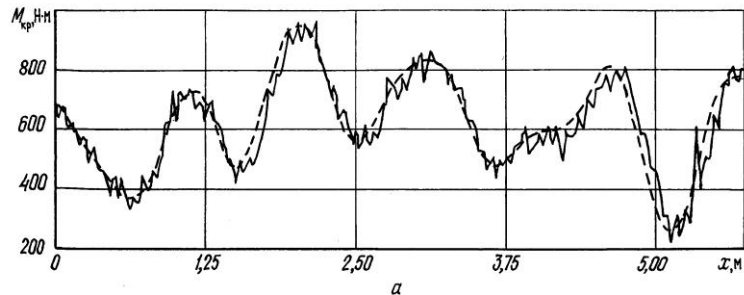
Второй вопрос – выбор числа членов ряда, которое определяется аналитическими свойствами функции, разлагаемой в ряд. Точно определить коэффициент  $b_k$ , которым должен заканчиваться ряд, практически невозможно, и в этом нет необходимости по следующим соображениям. Так как функция  $g(x)$  периодическая, непрерывная, то число членов ряда убывает асимптотически со скоростью  $n^{-3}$  и, следовательно, изменяется несущественно, если добавить или уменьшить несколько коэффициентов  $b_k$ , принадлежащих искомой функции.

Аппроксимируя экспериментальную кривую процесса нагруженности трансмиссии, мы подбирали необходимое число членов ( $n_{bk}$ ) ряда Фурье, при котором наблюдалось удовлетворительное согласование с теоретическими результатами.

Так, для объема выборки  $N = 1000$  ( $l = 50$  м) задавали различные числа  $n_{bk}$ : 20, 30, 60, 100. Удовлетворительная сходимость с опытом получена при  $n_{bk} = 100$ .

На рисунке показаны участки экспериментальных кривых и их аппроксимация рядом Фурье. Для гравийной дороги шаг измерения принят равным 2,5 см, колейной железобетонной – 5 см.

В качестве примера выполнено разложение эмпирических данных крутящего момента полуосей при движении автопоезда по гравийной дороге



Аппроксимирование экспериментальной функции  $M_{кр} = f(x)$  рядом Фурье ( $n_{bk} = 100$ ): *a* – гравийное покрытие; *б* – колейное железобетонное покрытие

4\*

со скоростью 23,9 км/ч. Для рассматриваемого примера ряд Фурье, ограниченный  $n_{bk} = 100$ , имеет вид

$$M_{\text{ед}} = 21,24 - 0,01x + 356 \sin \frac{\pi}{1000} x + 70 \sin \frac{2\pi}{1000} x + \dots + 9 \sin \frac{3\pi}{1000} x.$$

Значения коэффициентов  $b_k$ , аппроксимирующих кривые  $M_{кр}$  для условий движения автопоезда по гравийной и колейной железобетонной дорогам, вычислены на ЭВМ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буряк Е.С. О нагруженности трансмиссии лесовозного автомобиля МАЗ-509 // Лесн. журн. – 1980. – № 1. – С. 37-43. – (Изв. высш. учеб. заведений).
2. Ланцош К. Практические методы прикладного анализа. – М.: Физматгиз, 1961. – 524 с.

Архангельский государственный  
технический университет

Поступила 30.11.01

---

*E.S. Buryak*

**Approximation of Experimental Torque Curves of  
Timber Truck Half-axles**

Based on investigation of MAZ-509 transmission loading in the wood track conditions with gravel and board surface made of reinforced concrete slabs the torque osciloscopes on half-axles are obtained. For practical use of the oscilloscope the torque curves are approximated by Fourier series.

---