

Ю. В. Ващёнок, М.А. Мишенский, Ю. А. Гурвич

*Белорусский национальный технический университет*

## Критерий для оценки нелинейных колебаний отдельных узлов транспортных средств

Когда логарифмический декремент колебаний остается постоянным для всего процесса затухающих или нарастающих колебаний отдельных узлов транспортных средств необходимо применять, критерий:

$$F_1 = \frac{\frac{T}{2}}{\ln \frac{A_i}{A_{i+1}}}, \dots, F_1 = \frac{\frac{\lambda T}{2}}{\ln \frac{A_i}{A_{i+\lambda}}}, \quad (1)$$

где  $i, \lambda$  – целые числа 1,2,3,....,

Применимо к транспортному средству критерий  $F_1$  приобретает вид:

$$\frac{1}{n_1'} = \frac{\frac{T^*}{2}}{\ln \frac{A_i}{A_{i+1}}} \quad (2)$$

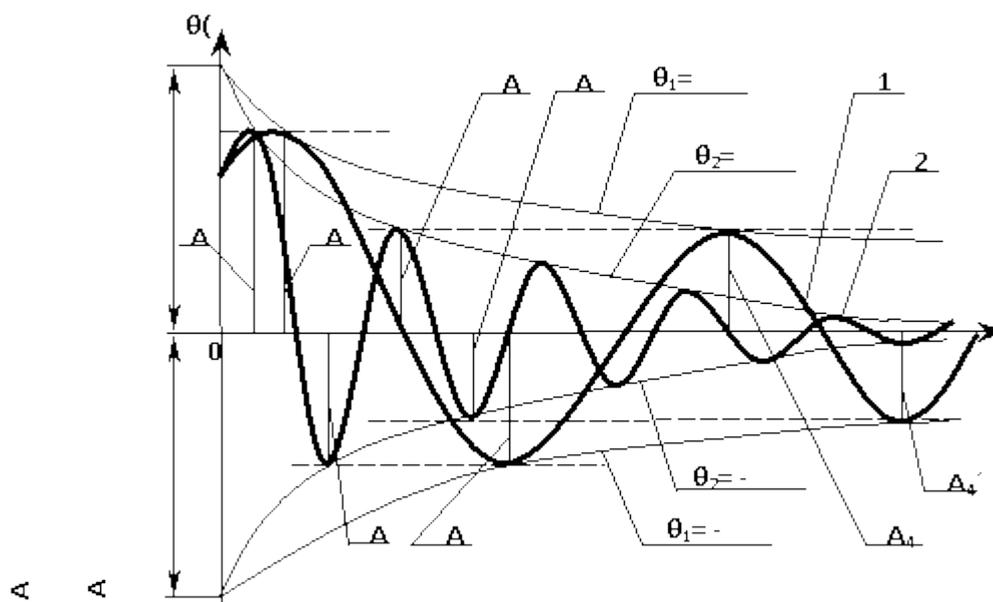
$F_1$ - величина обратная коэффициенту  $n$  демпфирования (затухания) системы, одновременно оценивает своим числителем основное качество стабилизации (с учетом среднего времени реакции водителя), а знаменателем - тенденции к нарастанию или затуханию колебаний. Если знаменатель больше нуля, то имеет место колебательная устойчивость (затухание колебаний), если меньше нуля, то - колебательная неустойчивость (нарастание колебаний).

Для нелинейных колебаний отдельных узлов транспортных средств. Рекомендуется критерий:

$$\frac{1}{n_1'} = \frac{2\Gamma^*}{\ln \frac{A_i + A_{i+1}}{A_{i+4} + A_{i+5}}} \quad (3)$$

Легко доказать (доказательство из-за простоты не приводится), что зависимость (3) идентична выражению (2)

Учет среднего времени реакции водителя в критерии  $F_1$  существенно расширил область его применения. Теперь критерий может использоваться не только для точной оценки всех линейных колебаний управляемых колес, поведение которых характеризуется линеаризованными дифференциальными уравнениями движения, но и для более точной (по сравнению с критерием (2), тем не менее, приближенной (в определенном смысле осредненной величиной) оценки нелинейных колебаний.



Оценка возможности критерия  $F_1$ . Приведем два примера, в которых осуществляется анализ решений дифференциального уравнения движения груза на пружине при наличии демпфера:

$$\ddot{x} + 2n_1' + C_1'/m_1'x = 0.$$

Рисунок 1. К оценке работы второго (2) и третьего (3) критериев

Приведём пример. С помощью критерия  $F_1$  оценим два различных процесса затухающих колебаний, изображенных на рисунке 1. При одинаковых начальных условиях  $X_{t=0} = X_0$ ,  $\dot{X}_{t=0} = \dot{X}_0$  и различных сочетаний значений параметров  $C'_{1i}$  и  $m'_{1i}(1,n)$  колебательной системы будем получать различные решения  $x_i = x_i(t)$ ,  $i = 1, n$ . Для решений  $x_1 = \theta_1$  и  $x_2 = \theta_2$ , значения критерия  $F_4$  будут составлять:

$$F_4 = \frac{2T_1}{\ln \frac{A_2 + A'_2}{A_6 + A'_6}}, \quad F_5 = \frac{2T_2}{\ln \frac{A_1 + A'_1}{A_5 + A'_5}}.$$

Знаменатели этих двух критериев равны, так как  $A_2 = A_1$ ,  $A'_2 = A'_1$ ,  $A_6 = A_5$ ,  $A'_6 = A'_5$ . Числитель первого критерия больше, чем у второго. Следовательно, величина второго критерия меньше величины первого. Так как  $F_4 < F_5$ , то процесс, отображаемый кривой 2, затухает быстрее, чем процесс 1.

Оценим возможности критерия  $F_1$  на примере, в котором выполнен анализ решений линеаризованных дифференциальных уравнений движения управляемых колес. Здесь, как и в первом примере при одинаковых начальных условиях  $\theta_{t=0} = \theta_0$  и  $\dot{\theta}_{t=0} = \dot{\theta}_0$  и различных совокупностях значений параметров описания шимми  $\alpha_j, \beta_j, \gamma_j, \dots, \lambda_j; j = 1, k$  будем получать различные решения  $\theta_i = \theta_i(t)$ ,  $i = 1, n$ . Выделенные три решения из  $n$  решений, изображены на рисунке 2. Для процессов 1 и 3 знаменатель критерия  $F_1$ , больше нуля. Поэтому в обоих случаях имеет место затухающий процесс - колебательная устойчивость. Для процесса 2 знаменатель критерия  $F_1$  меньше нуля, что говорит о расходящемся процессе - колебательная неустойчивость. Минимальное значение критерия  $F_1$  соответствует первому процессу.

Проанализируем те решения математического описания движения управляемых колес относительно шкворней, которые соответствуют их различным аperiodическим движениям, и выберем из них наилучшее. Какой из аperiodических процессов, изображенных на рисунке 2, является наилучшим?

На наш взгляд, наилучшим процессом будет тот, который для данного промежутка времени  $t$  - имеет:

- минимальную площадь под кривой  $\theta_i = \theta_i(t)$ ,  $i = 1, 3$ ;
- минимальное значение ординаты  $\theta_{1i}$  в конце промежутка времени  $t$ .

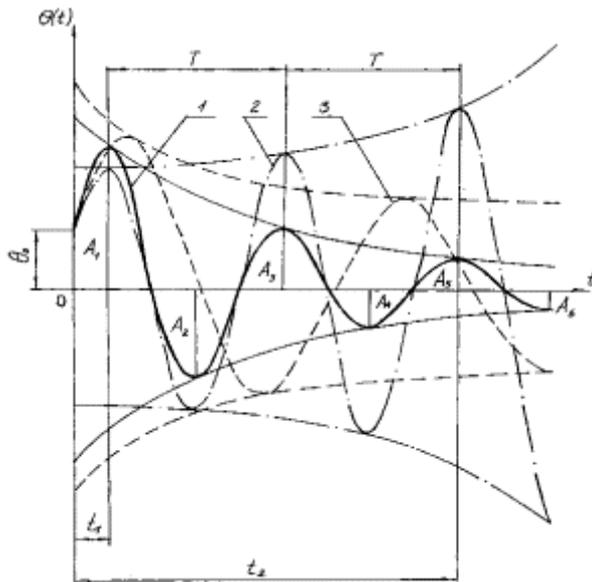


Рисунок 2

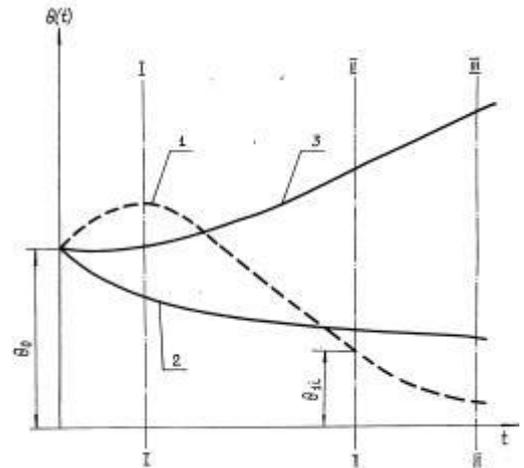


Рисунок 3

Для рассматриваемых в данном случае трех процессов ответы могут быть неоднозначными и даже противоречивыми. Все зависит от промежутка времени, на котором будут рассматриваться эти процессы. Например, если рассматривать процессы на промежутке времени от 0 до 1 (0-1), то наилучшая кривая - это кривая 2, а кривая 3 предпочтительнее первой. На промежутке времени 0-II третья кривая - наихудшая. Ее необходимо вообще исключить из дальнейшего рассмотрения. На промежутке времени, равном 0-III, у кривой 1 величина  $\theta_{11}$  меньше, чем у кривой 2 ( $\theta_{11} < \theta_{12}$ ), но зато площадь под кривой 1 меньше, чем под кривой 1 и т.д.

Анализ колебаний управляемых колес различных машин показал, что при выборе промежутка времени, на котором сравниваются апериодические движения управляемых колес, необходимо руководствоваться еще и психофизическими возможностями водителя (т.е. временем его реакции и степенью утомляемости).