

62-585.13; 62-585.17

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ФРИКЦИОННОГО КЛИНОРЕМЕННОГО ВАРИАТОРА

Асп. В. Ю. КАМЕНСКОВ

На настоящем этапе развития автомобилестроения перспективность фрикционных вариаторов с металлическим гибким элементом подтверждена не только рядом научных трудов, но и спектром серийно выпускаемых трансмиссий. Исследованы многие явления, присущие таким передачам, однако вопросы выбора форм поверхностей фрикционного контакта изучены слабо. В (1)* рассмотрен метод расчета семейства образующих, геометрически минимизирующих рассогласование взаимного расположения шкивов. Форма каждой из кривых зависит от коэффициента кривизны c , который может варьироваться в интервале $[0...∞]$. В данной работе производится дальнейшее исследование свойств семейства кривых.

Из практики эксплуатации известно, основной причиной выхода фрикционного вариатора из строя является усталостное выкрашивание контактных поверхностей. Первоначально (без нагрузки) контакт шкива и торца гибкого элемента происходит в точке. Под действием прижимной силы возникает эллиптическое пятно контакта, центр которого совпадает с точкой ненагруженного контакта, в соответствии с теорией Герца.

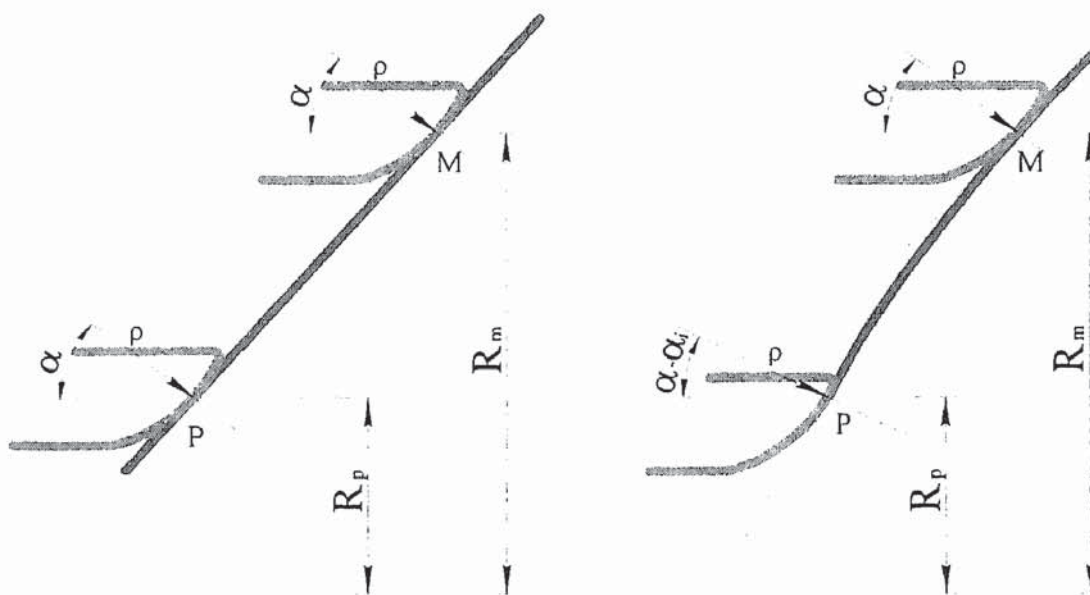


Рис. 1. Перемещение гибкого элемента при линейной (слева) и нелинейной образующих шкива (справа).

* В.Ю.Каменсков. Минимизация поперечного изгиба гибкого элемента во фрикционном клиноременном стержне //Известия вузов. Машиностроение.–2008.–№11.–С.65–71

Через каждую точку ненагруженного контакта проходит общая касательная к образующим контактирующих поверхностей. Таким образом, если на образующей шкива центр пятна контакта (ЦПК) находится в некоторой точке M (что соответствует радиусу вращения R_m), в которой угол наклона касательной к профилю равен α , то положение ЦПК на дугообразной образующей радиуса ρ торца гибкого элемента определяется этим же углом (рис. 1).

Если образующая шкива линейна (рис. 1, слева), угол наклона общей касательной не зависит от передаточного отношения и ЦПК гибкого элемента, таким образом, не меняет своего положения на образующей торца. Если образующая шкива нелинейна (рис. 1, справа), угол наклона касательной к образующей профиля шкива изменяется с изменением передаточного отношения, и, следовательно, положение ЦПК меняется и на образующей торца гибкого элемента.

Расчет положений ЦПК на образующей торца гибкого элемента для различных значений передаточных отношений и коэффициента $c = 2$ подтверждает вышеупомянутое предположение о перемещении (рис. 2).

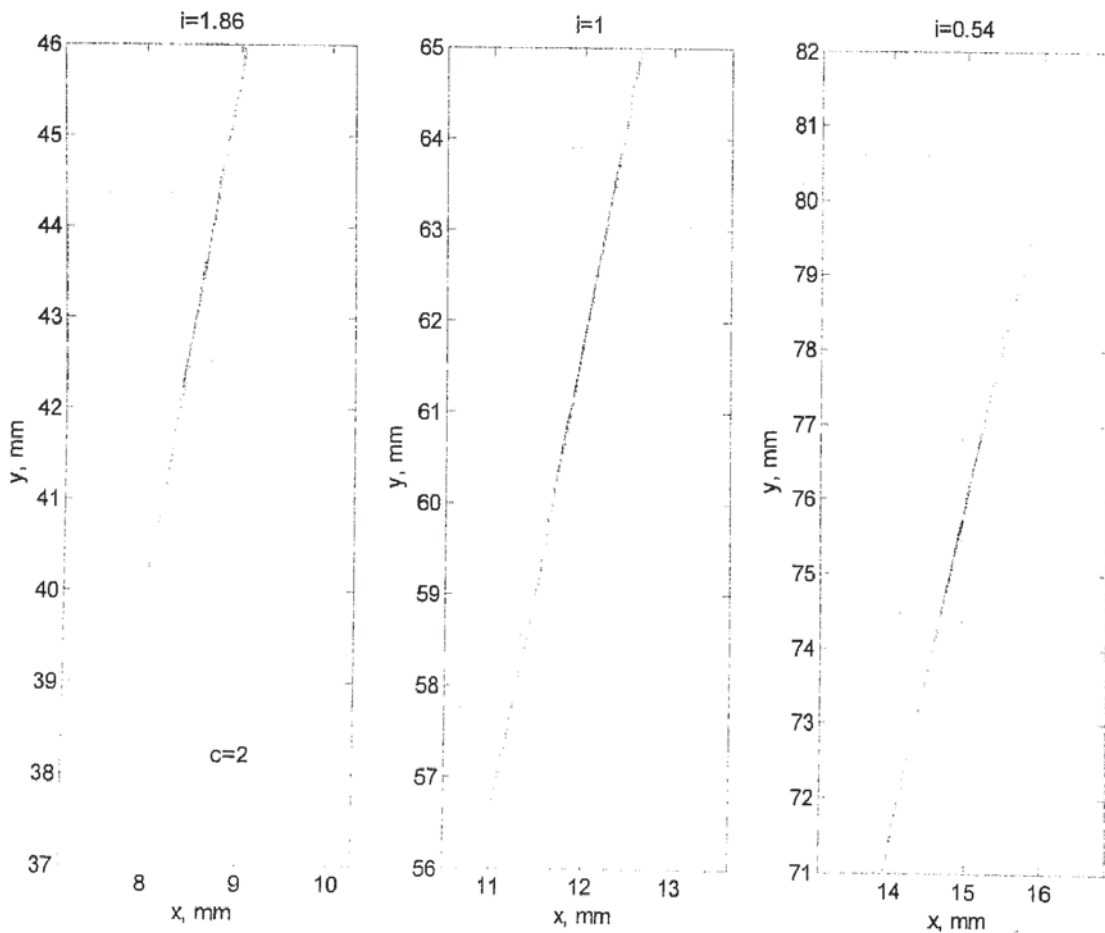


Рис. 2. Изменение положения ЦПК на образующей профиля гибкого элемента

Вместе в ЦПК перемещается и сама площадка контакта. Причем значение коэффициента c оказывает значительное влияние на характер перемещения (рис 3).

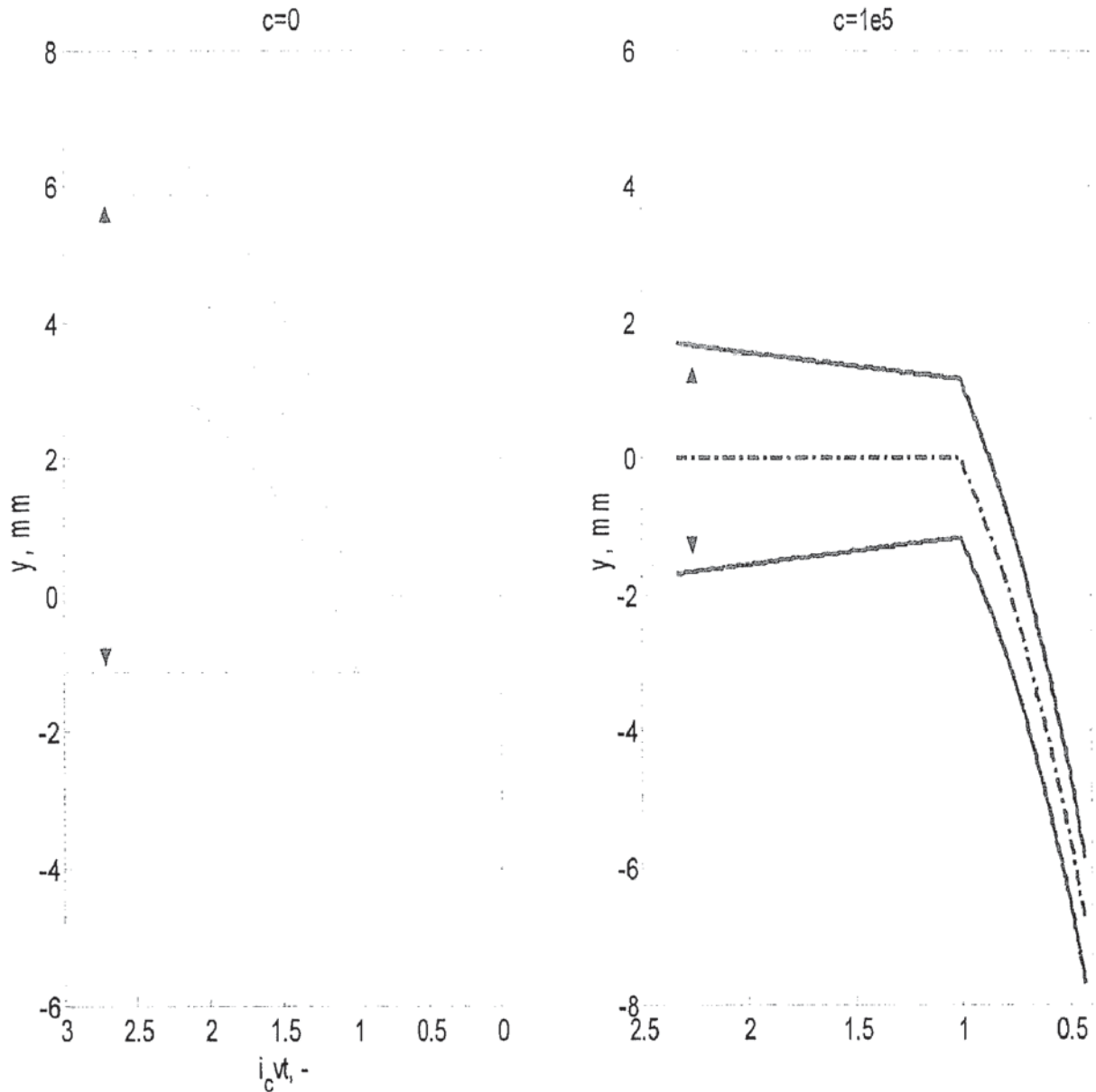


Рис.3. Изменение ординаты ЦПК (осевая) и границ пятна контакта (силошвая) на образующей профиля гибкого элемента в зависимости от передаточного отношения вариатора.

При крайнем значении $c = 0$ площадка контакта перемещается в области замедляющих передаточных чисел, а в области ускоряющих не перемещается вовсе. При крайнем значении $c = 10^5$ (представляет собой ∞) ситуация прямо противоположна. Промежуточные значения коэффициента кривизны c характеризуются промежуточными величинами перемещений (рис. 4)

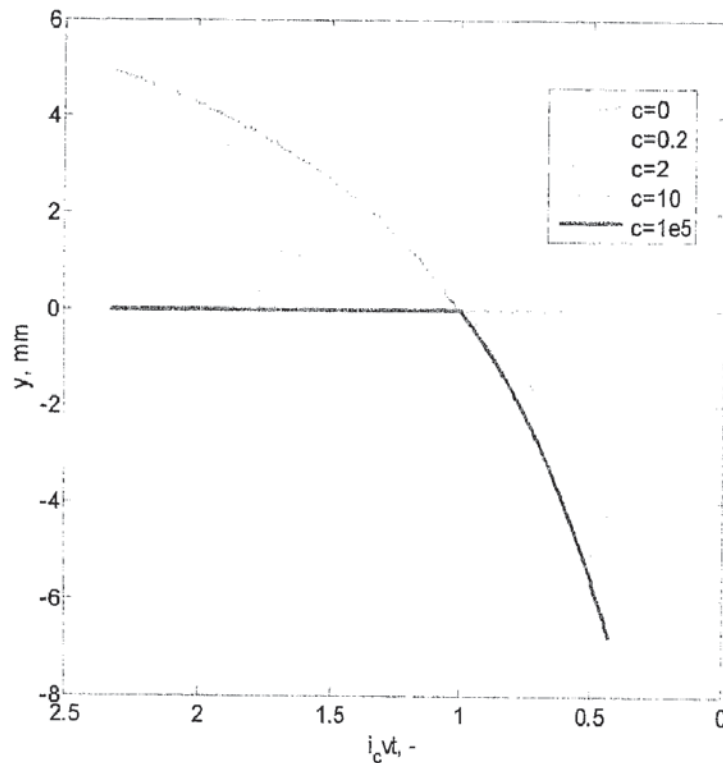


Рис. 4. Изменение ординаты ЦНК в зависимости от передаточного отношения вариатора

При расчете элементов колесных машин на усталостную долговечность используют гипотезу линейного накопления относительных усталостных повреждений Пальмгрена – Майнера, в соответствии с которой долговечность элемента, выраженная в единицах пути равна:

$$L_s = \frac{R_{H\lim}}{R_{1H}}$$

где $R_{H\lim}$ - ресурс повреждений материала, R_{1H} - ресурс, расходуемый на единицу пути.

Если $\sigma_{H1} \dots \sigma_{Hk}$ - совокупность всех возникающих за время работы изделия напряжений, $N_1 \dots N_k$ - количества циклов каждого из напряжений на единицу пути, а $\gamma_1 \dots \gamma_k$ - вероятностные доли каждого из циклов, то ресурс, расходуемый на единицу пути равен:

$$R_{1H} = \sum_k \gamma_k N_k \sigma_{Hk}^3$$

Так как при различных значениях передаточного отношения площадка контакта занимает различное положение на образующей торца гибкого элемента, совокупность нагрузочных режимов составляющих сумму R_{1H} распределяется по образующей определенным образом. Если разбить образующую торца гибкого элемента на некоторое число малых участков, внутри которых величина долговечности принимается неизмен-

ной и просуммировать все повреждения, воспринимаемые каждым из участков можно говорить о распределении долговечности по образующей торца гибкого элемента. А минимальное значение распределения считать долговечностью. Таким образом, раз коэффициент c оказывает влияние на характер перемещений ЦПК, значит, он оказывает влияние и на распределение долговечности.

Расчет распределения долговечности для конкретных значений конструктивных параметров и характеристик нагрузочного режима подтвердило значительное влияние коэффициента c на долговечность (рис. 5).

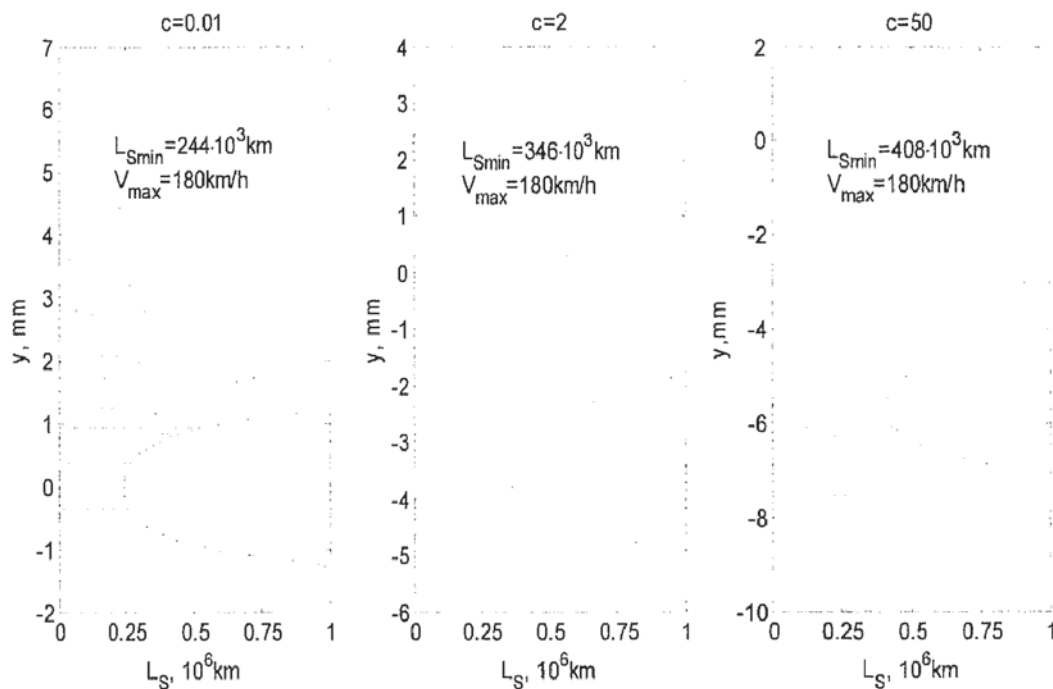


Рис. 5 Распределение долговечности по образующей торца гибкого элемента

Включение в алгоритм расчета распределения метода одномерной минимизации позволяет вычислить оптимальное (с точки зрения долговечности) значение c . При этом физически оптимизация долговечности заключается в поиске такого коэффициента кривизны, который обеспечит максимально возможное распределение наиболее тяжелых с точки зрения усталостной прочности режимов по наибольшей части образующей торца гибкого элемента.

Расчет распределения для применяемых в настоящее время в автомобилестроении дугообразных образующих шкива показал преимущества описанного метода. Применение криволинейной образующей с оптимальным значением c позволяет повысить долговечность на 7...46% по сравнению с дугообразной в широком диапазоне нагрузочных режимов.

Таким образом, исходя из условий эксплуатации транспортного средства, может быть проведен расчет характера перемещения площадки контакта по образующей торца

гибкого элемента, позволяющий повысить долговечность по сравнению с используемыми в автомобилестроении аналогами путем оптимального использования возможностей материала.