

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ РЕМНЯ В ВЕДОМОЙ ВЕТВИ РЕМЕННОЙ ПЕРЕДАЧИ

Магистрант группы М2-17 А.А.Абдусаматов
Научный руководитель д.т.н., проф. А.Джураев

***Annotatsiya.** Maqolada o'zgaruvchan uzatish nisbatli tasmali uzatmaning yetaklanuvchi tarmog'idagi kuchlanishning o'zgarish qonuniyatlarini analitik usulda aniqlash uslubi keltirilgan. Tasmali uzatma shkiqlari harakatini ifodalovchi differensial tenglamalar sistemasi olindi. Masalani sonli echimi asosida tasmali uzatma yetaklanuvchi tarmog'idagi kuchlanishni o'zgarish qonuniyati olindi. Tasmani dastlabki tarangligini o'zgarishiga qarab yetaklanuvchi tarmoqdagi kuchlanishni maksimal qiymati o'zgarish grafiklari qurilgan. Tasmali uzatma parametrlari aniqlangan.*

***Аннотация.** В статье проведены результаты анализа закономерности изменения напряжения в ведомой ветви ременной передачи с переменным передаточным отношением аналитическим методом. Получена система дифференциальных уравнений, описывающая движение шкивов ременной передачи. На основе численного решения задачи получены законы изменения напряжения ремня в ведомой ветви передачи. Построены графические зависимости изменения максимального значения напряжения в ведомой ветви от значений предварительного натяжения ремня передачи. Обоснованы параметры ременной передачи.*

***Abstract.** The article analyzes patterns of regularity of changing tension in the slack side belt transmission with variable gear ratio analytical method. A system of differential equations describing the motion of the belt drive pulleys. On the basis of numerical solution task of regularity change tension in the slack side belt transmission. A graph of changes in the maximum tension in the slack side from the preliminary transmission belt tension values were constructed. It defines the parameters of belt transmission.*

В ременных передачах, используемых в приводах технологических машин, возникают переменные нагрузки [2]. При этом за счет сложных деформаций ремня, особенно при удлинении происходит нарушения режимов работы передачи. Для обеспечения долговечности ремня за счет выбора материала ремня важным является определение напряжений ремня, особенно в ведущей ветви передачи. Нами были рекомендована ременные передачи с переменным натяжением ремня [3,4].

Согласно работы изменения длины ветвей ременной передачи определяются из выражений:

$$\begin{aligned}\Delta l_1 &= \Delta \sigma_1 \left[\frac{1}{E} + \frac{D_1}{2fE} (1 - e^{-f\varphi_0}) \right], \\ \Delta l_2 &= \Delta \sigma_2 \left[\frac{1}{E} + \frac{D_1}{2fE} (e^{-f\varphi_0} - 1) \right]\end{aligned}\quad (1)$$

где, $\Delta \sigma_1$, $\Delta \sigma_2$ -изменения напряжений ремня в ветвях передачи, Па; E -модуль упругости ремня, Па; D_1 , D_2 -диаметры ведущего и ведомого шкивов, мм; f -коэффициент трения ремня о поверхность шкивов; φ_0 -угол упругого проскальзывания.

Дифференциальные уравнения, описывающие движение шкивов ременной передачи, имеют вид

$$\begin{aligned}J_1 \frac{d^2 \varphi_1}{dt^2} + \frac{k_3 F D_1^2}{4} \varphi_1 - \frac{k_3 D_1 D_2 F}{4} \varphi_2 &= M_g, \\ J_2 \frac{d^2 \varphi_2}{dt^2} + \frac{k_3 F D_2^2}{4} \varphi_2 - \frac{k_3 D_1 D_2 F}{4} \varphi_1 &= M \sin \omega t\end{aligned}\quad (2)$$

где, $k_3 = (k_1 + k_2) \frac{1}{k_1 k_2}$; $k_1 = \frac{1}{E} + \frac{D_2}{2fE} (1 - e^{-f\varphi_0})$; $k_2 = \frac{1}{E} + \frac{D_1}{2fE} (e^{f\varphi_0} - 1)$; $M_g = M_1 \sin jt$.

M_g - движущий момент на валу ведущего шкива, $M_1 M_0$ - амплитуды колебаний

движущего и возмущающего моментов. Решение системы (2) дифференциальных уравнений ременной передачи ищем в виде:

$$\varphi_1 = \varphi_{10} \sin \omega t, \quad \varphi_2 = \varphi_{20} \sin \omega t \quad (3)$$

Подставляя (3) соответственно в уравнения (2), получим выражения для определения значений амплитуд вынужденных колебаний шкивов ременной передачи:

$$\varphi_{10} = \frac{A}{B} \left[\frac{B \left(\frac{M_1 \sin jt}{\sin \omega t} + J_1 \omega^2 \right) + A (J_1 \omega^2 + M_0)}{A^2 - B^2} \right] - \frac{J_2 \omega^2 + M_0}{B},$$

$$\varphi_{20} = \frac{B \left(\frac{M_1 \sin jt}{\sin \omega t} + J_1 \omega^2 \right) + A (J_1 \omega^2 + M_0)}{A^2 - B^2} \quad (4)$$

При этом изменения напряжений будут

$$\Delta \sigma_{10} = \frac{R_1 \varphi_{10} - R_2 \varphi_{20}}{k_1},$$

$$\Delta \sigma_{20} = \frac{R_2 \varphi_{20} - R_1 \varphi_{10}}{k_1} \quad (5)$$

Тогда полные напряжения в ветвях ременной передачи получим

$$\sigma_1 = \sigma_{10} + \Delta \sigma_{10} \sin \omega t, \quad \sigma_2 = \sigma_{20} + \Delta \sigma_{20} \sin \omega t \quad (6)$$

Численное решение и анализ результатов изменения σ_1 и σ_2 осуществлены при следующих начальных значениях параметров ременной передачи с переменным передаточным отношениям:

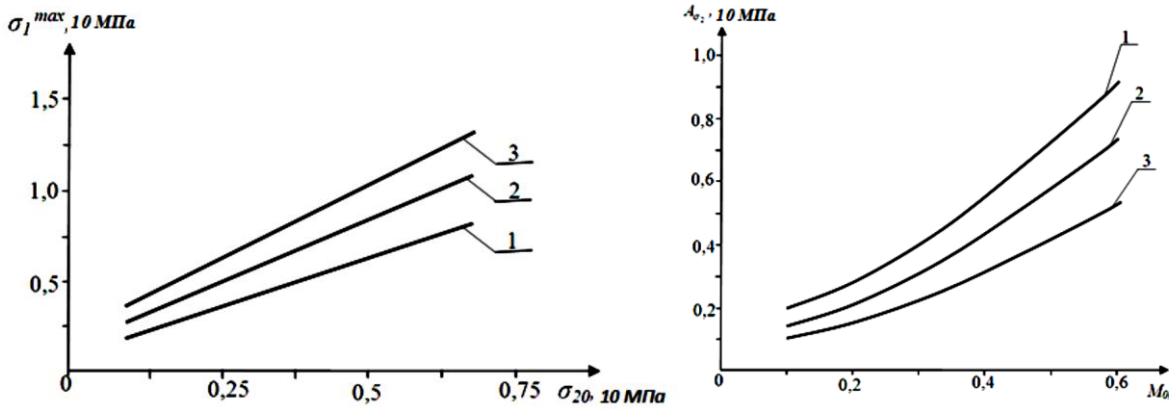
$R_1 = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}; R_2 = 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}; I_1 = 0,02 \text{ кг м}^2; I_2 = 0,033 \text{ кг м}^2; F = 2,5 \text{ см}^2; \sigma_0 = 2,2 \text{ МПа}; m = 0,75 \text{ П}_2; \sigma_{10} = 4,0 \text{ МПа}; \sigma_{20} = 4,0 \text{ МПа}; M_0 = 25 \text{ Нм}; E = 120 \text{ МПа}; l = 0,185 \cdot 10^{-3} \text{ см}; M = 8,5 \text{ Нм}.$

Были получены зависимости изменения σ_1^{max} от увеличения σ_{20} при вариации M_0 . Из графиков видно, что при возрастании σ_2 напряжения увеличиваются по линейной закономерности. Так, при увеличении значения σ_{20} от 0,82 МПа до 7,5 МПа кг/см² максимальное значение напряжения σ_1^{max} в ведомой ветви ременной передачи увеличивается от 1,45 МПа до 5,8 МПа при $M_0 = 30 \text{ Нм}$. При $M_0 = 50 \text{ Нм}$, максимальное значение напряжения в ведомой ветви ременной передачи возрастает до 12,9 МПа. При этом для уменьшения напряжения в ведомой ветви σ_1^{max} целесообразным считается уменьшение сопротивления на ведомом шкиве, а также предварительное натяжение ремня. Приемлемый пределами изменения параметров для ременной передачи с рассматриваемыми исходными значениями параметров являются $M_0 \leq (40 \dots 45) \text{ Нм}$, $\sigma_{20} \leq (3,0 \dots 4,5) \text{ МПа}$ (рис. 1).

Амплитуда колебаний напряжения в ведомой ветви ременной передачи в основном зависит от амплитуды момента сопротивления и от моментов инерций шкивов (см. рис. 1 б). На основе анализа графических зависимостей на рис. 1 б были определены рекомендуемые значения моментов инерций шкивов и амплитуды M_0 , которые соответствуют результатам графиков на рис. 1 а: $I_1 = (0,035 \dots 0,046) \text{ кг м}^2$, $I_2 = (0,057 \dots 0,068) \text{ кг м}^2$; $M_0 \leq (40 \dots 45) \text{ Нм}$.

На рис. 2 приведены закономерности колебаний напряжения в ведомой ветви ременной передачи при вариации значений амплитуды напряжения $\Delta \sigma_{20}$ и частот изменения моментов ω и j в ведущем и ведомом шкивах.

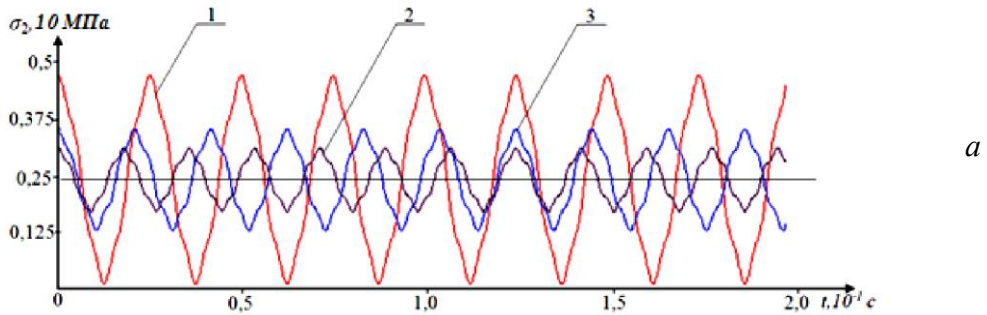
Анализ закономерностей изменения σ_2 согласно рис. 2 показывает, что с увеличением разницы частот движущего момента на валу ведущего шкива j , и частоты колебаний момента сопротивления на валу ведомого шкива ω приводит к фазовым сдвигам, что может привести к отрицательным результатам. Поэтому целесообразным считаются частоты изменения моментов близким друг к другу (см. рис. 2 в). Поэтому рекомендуются пределы изменения частот $\omega_1 = (30 \dots 40) \text{ с}^{-1}$ и $j = (40 \dots 45) \text{ с}^{-1}$. Кроме того, изменения амплитуды A_{σ_2} не влияют на характер колебаний напряжения в ведомой ветви ременной передачи (см. рис. 2 в).



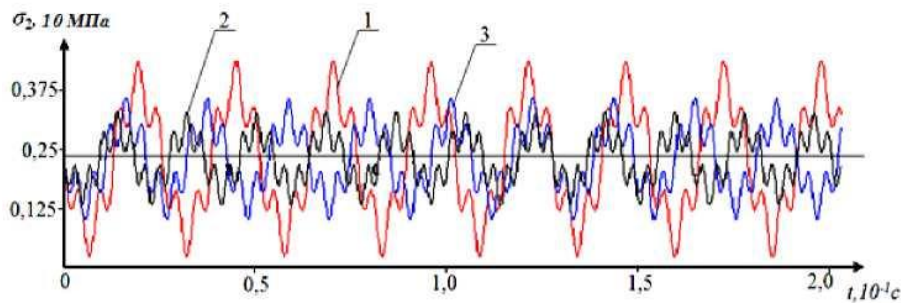
где, (а) 1 – $M_0 = 30 \text{ Нм}$;
 2 – $M_0 = 40 \text{ Нм}$;
 3 – $M_0 = 50 \text{ Нм}$;

где, (б) 1 – при $I_1 = 0,050 \text{ кгм}^2$; $I_2 = 0,075 \text{ кгм}^2$;
 2 – при $I_1 = 0,035 \text{ кгм}^2$; $I_2 = 0,055 \text{ кгм}^2$;
 3 – при $I_1 = 0,02 \text{ кгм}^2$; $I_2 = 0,035 \text{ кгм}^2$;

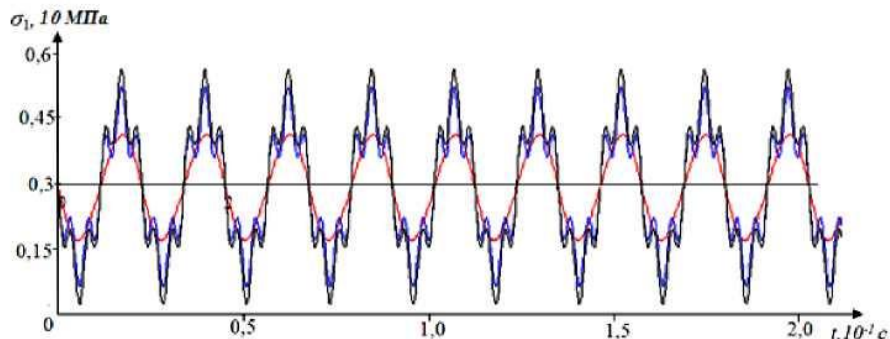
Рис. 1. Закономерности изменения максимального значения напряжения в ведомой ветви ременной передачи от изменения напряжения при предварительном натяжении ведомой ветви (а) и амплитуды колебаний напряжения в ведомой ветви передачи от вариации M_0



а



б



в

где, а, б: 1 – $\omega_1 = 40 \text{ с}^{-1}$;
 $j = 50 \text{ с}^{-1}$;

2 – $\omega_1 = 40 \text{ с}^{-1}$; $j = 55 \text{ с}^{-1}$; $\Delta\sigma_{20} = 1,25 \text{ МПа}$; 3 – $\omega_1 = 40 \text{ с}^{-1}$; $j = 60 \text{ с}^{-1}$; $\Delta\sigma_{20} = 1,3 \text{ МПа}$; в: = $\omega = j = 40 \text{ с}^{-1}$; 1 – $\Delta\sigma_{20} = 2,8 \text{ МПа}$; 2 – $\Delta\sigma_{20} = 2,5 \text{ МПа}$; 3 – $\Delta\sigma_{20} = 1,4 \text{ МПа}$;

Рис. 2. Закономерности изменения напряжения в ведомой ветви ременной передачи при вариации амплитуды $\Delta\sigma_{20}$ и частот изменения моментов на ведущем и ведомом шкивах

Выводы. Получены формулы для расчета напряжений в ветвях ременной передачи с

натяжным устройством. На основе численного решения задачи определены закономерности колебаний напряжения в ведомой ветви ременной передачи. Обоснованы параметры передачи.

Литература:

1. Prizevaitis, Andris; Litvinovs, Dmitrijs; Gerins, Eriks. Analysis of thermal growth influence on v-belt transmission alignment precision 12th International Scientific Conference on Engineering for Rural; Engineering for Rural Development pp. 283-86, 2013.
2. Джураев А., Мирахмедов Ж. и др. Патент РУз. Ременная передача. FAP00734. Бюлл. №6. -Ташкент, 2012.
3. Джураев А., Турдалиев В., Максудов Р. Кинематический и динамический анализ ременных передач с переменными передаточными отношениями. Монография. Ташкент, - 2013. -168 с.
4. Джураев А., Мансури Д.С., Умарова З.М., Мансурова М.А. Кинематический и динамический анализ ременных передач с составными шкивами. -Худжанд (Таджикистан), Изд. Р.Джалила, -2017, -208 с.