

УДК 62-233.3/.9

Шевченко С.В.,

канд. техн. наук, доцент,
заведующий кафедрой «Машиноведение»,
Луганский государственный университет им. В. Даля,
Луганск, ЛНР

Муховатый А.А.,

канд. техн. наук, доцент,
доцент кафедры «Машиноведение»,
Луганский государственный университет им. В. Даля,
Луганск, ЛНР

Кроль О.С.,

канд. техн. наук, доцент,
профессор кафедры «Машинстроение и прикладная механика»,
Востоchnoукраинский национальный университет им. В. Даля,
Северодонецк, Украина

СЕКЦИОННАЯ КЛИНОРЕМЕННАЯ ПЕРЕДАЧА

Аннотация

В статье изложены результаты исследования новой конструктивной-разновидности клиноременной передачи. Ремень клинового сечения выполнен в виде секций. Каждая секция представляет собой упругий сегмент трапецидального профиля, внутри которого находится стальная пластина для соединения с соседними секциями для образования замкнутого контура ремня. Даны параметры секций и расчетные предпосылки для исследования секционной клиноременной передачи на долговечность.

Ключевые слова

Секционный ремень, клиновое сечение, дуга обхвата, максимальное напряжение, долговечность.

Постановка задачи

Различные конструктивные модификации клиноременных передач, [1, 2, 3, 4, 5], в той или иной степени направлены на исправление одного из существенных недостатков силовых ременных передач трением – невысокой долговечности ремней.

В работе [6] предложен принципиально новый вариант гибкого элемента – секционный ремень. Он сочетает в себе конструктивные признаки цепей и стандартных приводных клиновых ремней [7]. Секционное строение ремня, состоящего из отдельных звеньев, аналогично цепям, а способ передачи усилий от шкива к гибким элементам ремня и наоборот – за счет сил трения между ними, созданными предварительным натяжением ремня, как в ременных передачах.

В настоящей статье представлены некоторые результаты исследования секционной клиноременной передачи, касающиеся основных параметров ремня и предварительной оценки его долговечности. Они могут быть использованы для дальнейшего теоретического и экспериментального исследований предложенного варианта передачи с гибким элементом.

Теоретическая часть

1. Конструктивные параметры секционного клинового ремня.

На рис. 1 представлен фрагмент общего вида передачи с секционным клиновым ремнем. Основные параметры секционного клинового ремня изображены на рис. 2, где позиция 1 – это упругий элемент секции, а позиция 2 – стальная пластина, расположенная внутри упругого элемента. Поперечное сечение упругого элемента секции полностью совпадает с сечением клиновых ремней [7]. Их функция – обеспечивать необходимую силу трения со шкивами [8] за счет предварительного натяга ремня. Соединение упругих элементов секций в замкнутое гибкое звено передачи осуществляется расположенными внутри их

стальными пластинами шириной $b \approx W_p / 4$ с крюками на концах, рис. 3.

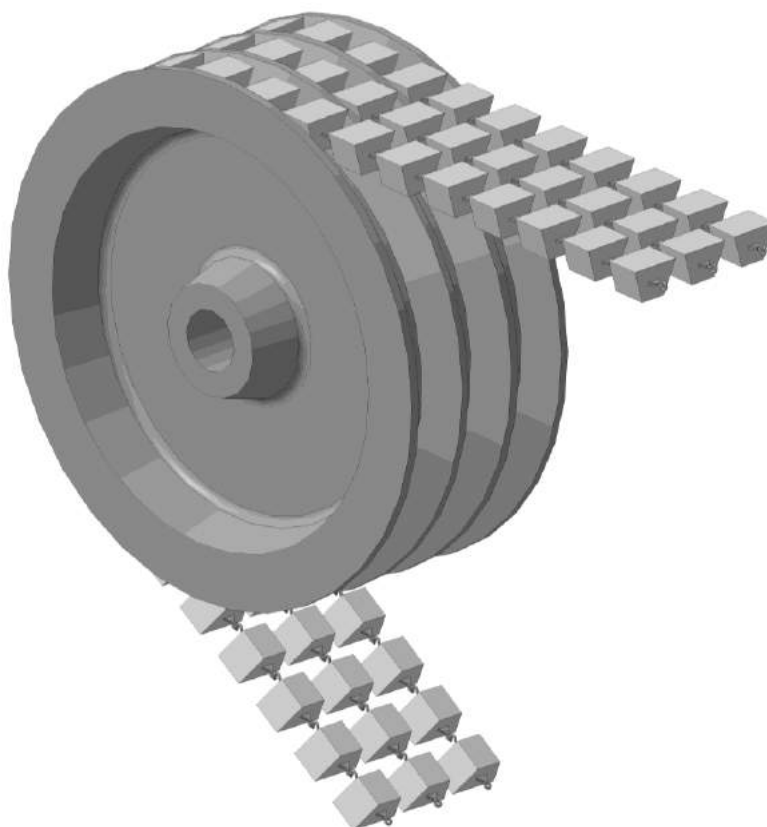


Рисунок 1 – Фрагмент общего вида передачи с секционным клиновым ремнем
Источник: разработано автором

Длина упругого элемента секционного ремня $l_H = T$, рис. 2, а полная длина секции (с учетом крюков пластины) $l = 1,2 \cdot l_H = 1,2 \cdot T$.

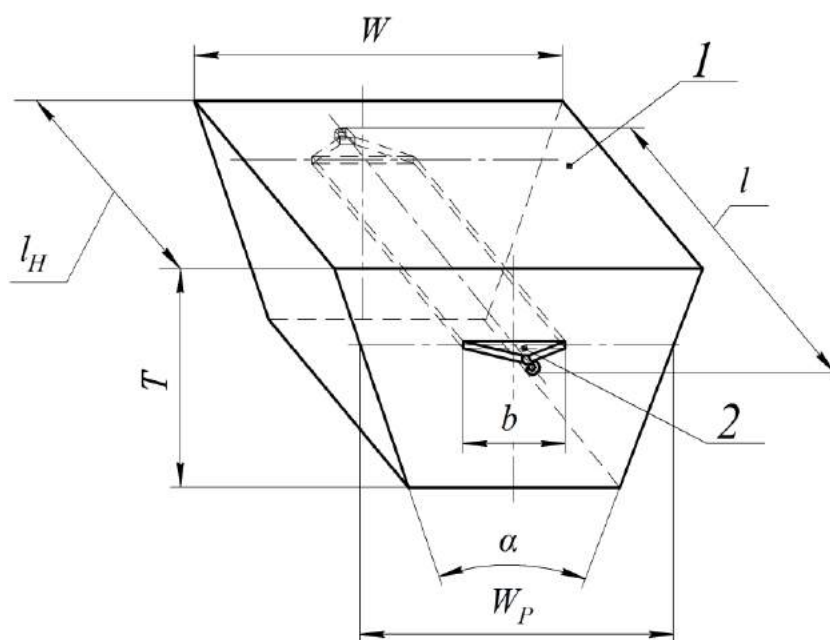


Рисунок 2 – Основные параметры секции ремня
Источник: разработано автором

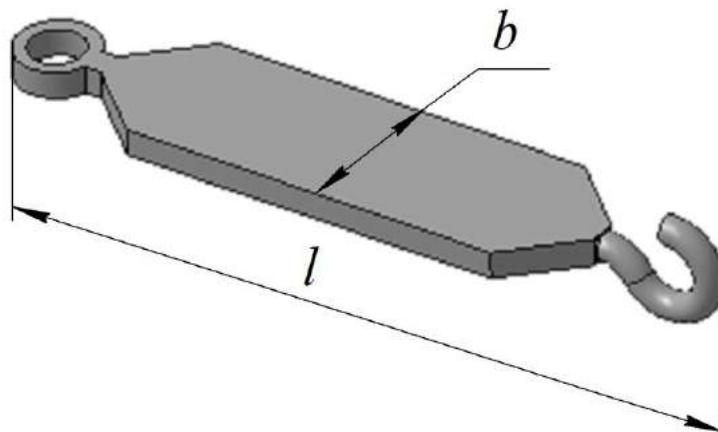


Рисунок 3 – Конфигурация стального стержня секции ремня

Источник: разработано автором

Для секционного [6] и стандартного [7] клиновых ремней дуга обхвата на меньшем шкиве принимается с одинаковым минимальным углом $\alpha_{\min} = 120^\circ$, [9]. Однако, дуги, на которых меньший шкив соприкасается со стандартным и с секционным ремнями, будут разными:

$$S = 0,5 \cdot d_{p \min} \cdot \alpha_{\min} \approx 1,05 \cdot d_{p \min} \text{ – для стандартного ремня [7];}$$

$$S^* = z \cdot l_H \approx 0,9 \cdot d_{p \min} \text{ – для секционного ремня [6];}$$

здесь $z = S/l \approx 0,9 \cdot d_{p \min} / T$ – количество секций ремня [6] на дуге обхвата меньшего шкива.

Естественно, что соприкосновение шкива с прерывистым секционным ремнем происходит по меньшей дуге меньшей длины, чем со стандартным клиновым ремнем: $\Delta S = S^* / S \approx 0,8$, (при одном и том же $\alpha_{\min} = 120^\circ$), то есть, S^* меньше S примерно на 20%.

2. Долговечность секционного клинового ремня.

Известно, что долговечность L_h стандартного приводного клинового ремня является нелинейной функцией от максимального напряжения $\sigma_{\max}$, [10]:

$$L_h = c / \sigma_{\max}^n, \quad (1)$$

$$\text{где } c = \text{const}; \quad \sigma_{\max} = \sigma_0 + \sigma_v + \sigma_t / 2 + \sigma_u.$$

К настоящему времени нет достаточно апробированных результатов испытаний стандартных клиноременных передач на долговечность, поэтому показатель степени n окончательно не определен, кроме того, что $n > 1$. Это позволяет сделать априорное заключение о том, что снижение $\sigma_{\max}$ даже на 20÷30% даст прирост долговечности ремня в разы. Рассмотрим 4 компонента напряжений, входящих в $\sigma_{\max}$.

В стандартных клиновых ремнях напряжение изгиба σ_u составляет $\approx 70 \div 75\%$ от $\sigma_{\max}$. Принципиальное отличие стандартного клинового ремня от секционного ремня заключается в том, что у последнего $\sigma_u \approx 0$. Это объясняется тем, что упругие секции элементов этого ремня очень коротки,

вследствие чего они почти не имеют деформации изгиба на криволинейных участках шкивов, то есть, для них можно считать $\sigma_u \approx 0$.

Компонентом σ_v , входящим в $\sigma_{\max}$, также можно пренебречь на данном этапе исследования, поскольку напряжение от центробежных сил σ_v в ременных передачах общего применения обычно составляет менее 10% от $\sigma_{\max}$.

Что касается полезного напряжения σ_t , оно в данном случае является одинаковым для стандартного и секционного ремней, так как сравнивать их по долговечности необходимо для одинаковых начальных условий – внешних нагрузок, размеров передач, угловых скоростей вращения шкивов.

Таким образом, для секционных ремней в качестве максимального напряжения рассматривается величина $\sigma_{\max}^* = \sigma_0 + \sigma_t / 2$.

Взаимосвязь $\sigma_{\max}$ и $\sigma_{\max}^*$ установим с учетом: 1) снижения $\sigma_{\max}$ на 70÷75% из-за $\sigma_u \approx 0$; 2) снижения $\sigma_{\max}$ на ≈10% из-за $\sigma_v \approx 0$. В результате,

$$\sigma_{\max}^* \approx (0,15 \div 0,2) \cdot \sigma_{\max}. \quad (2)$$

Как было показано в части 1 настоящей статьи, при переходе от стандартного клинового ремня к секционному ремню уменьшается дуга соприкосновения последнего со шкивами, что повлечет отрицательный эффект – снижение сил трения и, как следствие, падение нагрузочной способности передачи. Избежать этого последствия можно за счет увеличения силы предварительного натяжения секционного ремня, то есть, за счет большей величины предварительного натяжения стандартного клинового ремня σ_0 . Для стандартных клиновых ремней $\sigma_0 = 1,2 \div 1,5 \text{ МПа}$, [10]. Так как дуга соприкосновения секционного клинового ремня с меньшим шкивом имеет меньшую длину, чем со стандартным клиновым ремнем примерно на 20%, для секционного клинового ремня значение σ_0 увеличиваем на 20%, то есть, до величины $\sigma_0^* \approx 1,5 \div 1,8 \text{ МПа}$.

Увеличение σ_0 до величины σ_0^* не будет снижать прочность упругого элемента секционного клинового ремня на растяжение, так как это напряжение воспринимается его стальными пластинами.

С учетом роста σ_0^* окончательная величина $\sigma_{\max}^*$ в формуле (2) изменится до значения:

$$\sigma_{\max}^* \approx (0,3 \div 0,4) \cdot \sigma_{\max}. \quad (3)$$

Прирост долговечности секционного клинового ремня L_h^* в сравнении с долговечностью стандартного клинового ремня L_h при этом составит:

$$\Delta L_h = L_h^* / L_h \approx (\sigma_{\max} / \sigma_{\max}^*)^n \approx (2,5 \div 3)^n. \quad (4)$$

По результатам испытаний секционных клиновых ремней на долговечность и определения численного значения показателя степени n зависимость (4) может использоваться для предварительной оценки прироста долговечности секционных клиновых ремней.

Выводы

Разработаны принципиальные аналитические основы расчетной методики для оценки долговечности секционных клиновых ремней. Получены параметрические характеристики, позволяющие спрогнозировать значительный рост их долговечности, что позволит вывести ременные передачи трением на принципиально

новый эксплуатационный уровень

Список использованной литературы:

1. Патент України № 108372. Бюл. № 13. МПК F16 7/02 (2006.01). Клинопасова передача. С.В. Шевченко, О.С. Кроль, А.В. Хмельницький, О.А. Муховатий. Опубл. 11.07.2017.
 2. Патент України № 113816. Бюл. № 3. МПК F16H 7/02 (2006.01). Передача з ременем арочного профілю / С.В. Шевченко, О.А. Муховатий, О.С. Кроль, А.В. Хмельницький. Опубл. 10.02.2017.
 3. Патент України № 122215. Бюл. № 24. МПК F16H 7/02 (1006.01). Клиноремінна передача / С.В. Шевченко, О.С. Кроль, О.А. Муховатий, А.В. Хмельницький. Опубл. 26.12.2017.
 4. Патент України № 144566. Бюл. № 19. МПК F16H 7/02 (1006.01). Модифікована клиноремінна передача / С.В. Шевченко, О.А. Муховатий, О.С. Кроль. Опубл. 12.10.2020.
 5. Патент України № 144568. Бюл. № 19. МПК F16H 7/02 (1006.01). Модифікована клиноремінна передача / С.В. Шевченко, О.А. Муховатий, О.С. Кроль. Опубл. 12.10.2020.
 6. Патент України № 142528. 10.06.2020, бюл. № 11. МПК F16H 7/02 (2006.01). Ремінна передача / С.В. Шевченко, О.А. Муховатий, О.С. Кроль.
 7. ГОСТ 1284.1-89. Ремни приводные клиновые нормальных сечений. Основные размеры и методы контроля. М.: ИПК. Изд. стандартов, 2001.- 10с.
 8. ГОСТ 2088-88. Шкивы для приводных клиновых ремней нормальных сечений. Общие технические условия. М.: Изд. стандартов, 1988.- 16 с.
 9. Детали машин. Андриенко Л.А., Байков Б.А., Захаров М.Н. и др. / Под ред. О.А. Ряховского. – М.: Изд. МГТУ им. Н.Э.Баумана, серия Terra mechanica. 2014. – 472 с.
 10. Шевченко С.В. Детали машин. Расчеты, конструирование, задачи.– Киев: Изд-во Кондор, 2008. – 492 с.
- © Шевченко С.В., Муховатый А.А., Кроль О.С., 2021