

МОДИФИЦИРОВАННАЯ КЛИНОРЕМЕННАЯ ПЕРЕДАЧА

Шевченко С.В.¹, Муховатый А.А.¹, Кроль О.С.²

¹*Луганский государственный университет им. В. Даля, г.Луганск;*

²*Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля, г.Северодонецк*

Ключевые слова: ремень, модификация, поперечное сечение, площадь сечения, радиус профиля сечения, тяговая способность.

Аннотация. В статье изложены результаты исследования конструктивной модификации клиноременной передачи. Модифицировано поперечное сечение ремня, боковой профиль которого очерчен дугами окружностей. Радиус этих дуг рассчитан из условия равенства габаритных размеров и площади поперечного сечения модифицированного и стандартного клинового ремней. Результат модификации – снижение нагрузки на валы и опоры ременной передачи.

MODIFIED V-BELT TRANSMISSION

Shevchenko S.V.¹, Mukhovaty A.A.¹, Krol O.S.²

¹*Vladymyr Dahl Lugansk state university, Lugansk;*

²*Volodymyr Dahl east Ukrainian national university, Severodonetsk*

Keywords: belt, modification, cross section, section area, radius of section profile, traction capacity.

Abstract. The article presents the results of the constructive modification study for the V-belt transmission. The cross-section of the belt has been modified, the lateral profile of which is outlined by circular arcs. The radius of these arcs is calculated from the condition of equality of the overall dimensions and cross-sectional area of the modified and standard V-belts. The result of the modification is a reduction in the load on the shafts and belt transmission bearings.

Постановка задачи

Решение актуальной задачи повышения технического уровня ременных передач трением осуществляется по двум направлениям: применением новых материалов ремней; изменением конструктивных форм поперечного сечения ремней. Второе направление модификации ременных передач представлено следующими вариациями. Для плоских ремней предложен вариант с выпуклой рабочей поверхностью ремня, которая контактирует с вогнутыми поверхностями шкивов [1]. У клиновых ремней боковые поверхности ремня и канавки на шкивах имеют криволинейные профили [2-4]. Аналогичную функцию выполняет ремень арочного профиля [5]. Модификация поликлиновых ремней реализована приданием боковым поверхностям клиньев выпуклой или вогнутой формы [6, 7]. Результатом этих модификаций является увеличение площади соприкосновения со шкивами, что увеличивает силу трения между ними и, вследствие чего возможно снижение нагрузки на валы и опоры ременных передач.

В настоящей статье изложены некоторые результаты конструктивной модификации стандартных клиновых ремней [8, 9], предложенные в работе [10]. Задача модификации – уменьшить нагрузку на валы и опоры, на которых монтируется ременная передача при сохранении габаритных размеров и площади поперечного сечения ремня.

Теоретическая часть

На рисунке 1 представлено поперечное сечение модифицированного клинового ремня, использование которых в широкой гамме металлорежущих станков представляется перспективным [11-13]. Его боковые стороны очерчены дугами окружностей радиусом R . Величина R определяется исходя из условия равенства габаритных размеров $W \times T$ и площадей поперечных сечений модифицированного A_0 и стандартного клинового (А) ремней; (прямолинейные боковые стороны стандартного клинового ремня показаны на рисунке 1 пунктиром). Поскольку сечения и модифицированного, и стандартного клиновых ремней состоят из двух симметричных половин – ось симметрии $O_1 - O_2$ на рисунке 1, рассматривать будем правые половины этих сечений, соответственно $O_1 K_1 K_2 O_2$ и $O_1 K_1 K_0 O_2$. При этом, в расчетах будут использоваться половинные значения A_0 и A , то есть, соответственно $0,5 \cdot A_0$ и $0,5 \cdot A$.

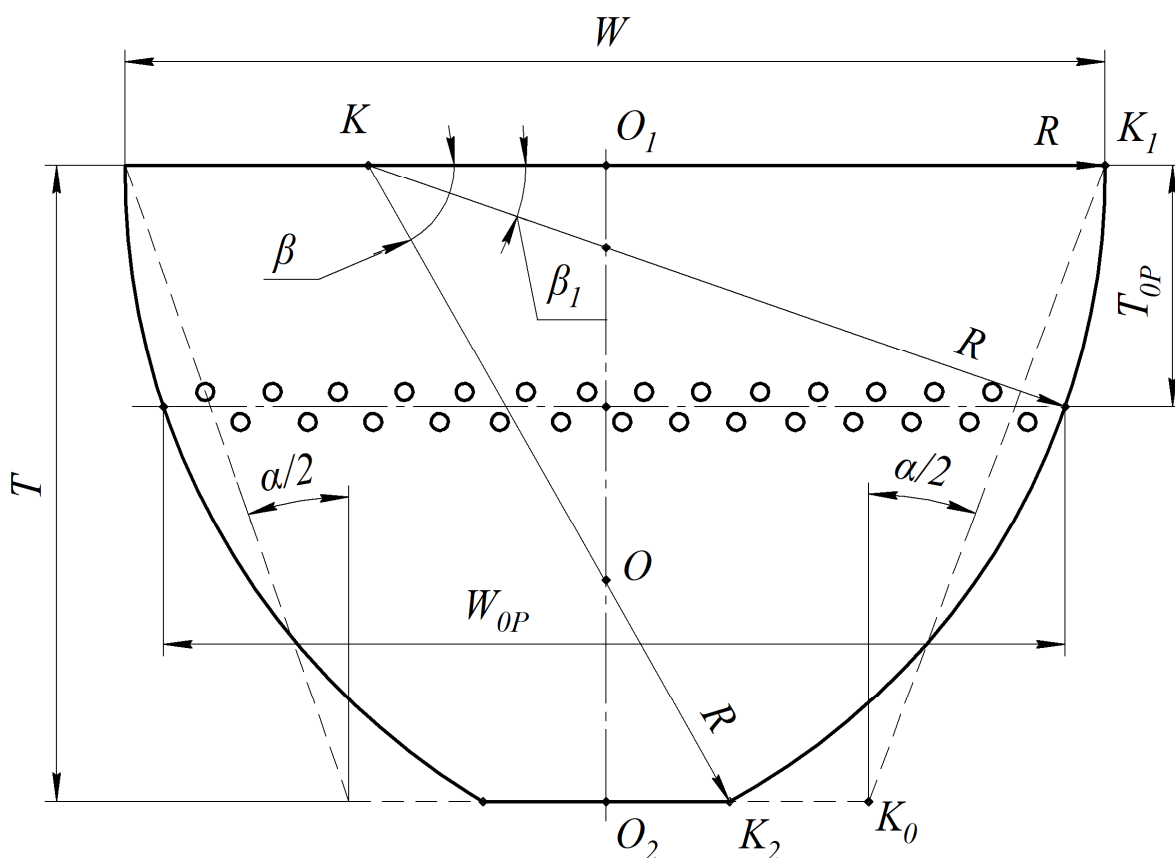


Рис. 1. Параметры сечения модифицированного клинового ремня

Из рисунке 1 следует, что искомая площадь $0,5 \cdot A_0$ половины поперечного сечения модифицированного клинового ремня $O_1 K_1 K_2 O_2$ может быть представлена в виде алгебраической суммы площадей 3-х фигур:

$$0,5 \cdot A_0 = A_1 - A_2 + A_3, \tag{1}$$

где $A_1 = 0,5 \cdot R^2 \cdot \beta$ – площадь кругового сектора KK_1K_2 радиуса R ;

$A_2 = 0,5 \cdot KO_1 \cdot O_1O = 0,5 \cdot (R - 0,5 \cdot W)^2 \cdot tg\beta$ – площадь треугольника KO_1O ;

$A_3 = 0,5 \cdot OO_2 \cdot O_2K_2 = 0,5 \cdot [T - (R - 0,5 \cdot W) \cdot tg\beta]^2 \cdot ctg\beta$ – площадь треугольника OO_2K_2 .

Аналитическая зависимость для расчета угла β получается из уравнения (1) с учетом принятого условия расчета $A_0 = A$:

$$A - R^2 \cdot \beta + (R - 0,5 \cdot W)^2 \cdot \operatorname{tg} \beta - [T - (R - 0,5 \cdot W) \cdot \operatorname{tg} \beta]^2 \cdot \operatorname{ctg} \beta = 0, \quad (2)$$

где $R = T / \sin \beta$.

Решение трансцендентного уравнения (2) проведено итерационным способом, задавая значения β в интервале $0 < \beta < 90^\circ$ с шагом $\Delta(\beta) = 0,2^\circ$. Погрешность вычислений менее 1%.

Длины боковых сторон поперечных сечений стандартных клиновых ремней (L_K) и модифицированных клиновых ремней (L_M):

$$L_K = T / \cos(\alpha/2); \quad L_M = R \cdot \beta = R \cdot \arcsin(T/R), \quad (3)$$

где $\alpha = 40^\circ$ – угол между прямолинейными сторонами сечений стандартных клиновых ремней (рис. 1).

Оценка приращения длины боковых сторон L_M выполнена в процентном отношении к длине L_K с учетом того, что это приращение имеет место с двух сторон сечения ремня: $\Delta(L) = 2 \cdot (L_M - L_K) / L_K \cdot 100, \%$.

Ширина корда W_{OP} и расстояние до него T_{OP} (рис. 1) определены из условия равенства площадей сечений, находящихся по разные стороны от корда. В результате, получено уравнение для расчета угла β_1 , формула (4), по которому рассчитываются параметры сечения ремня W_{OP} и T_{OP} , формулы (5):

$$0,5 \cdot A - R^2 \cdot \beta_1 + (R - 0,5 \cdot W)^2 \cdot \operatorname{tg} \beta_1 - [0,5 \cdot W - R \cdot (1 - \cos \beta_1)]^2 \cdot \operatorname{tg} \beta_1 = 0; \quad (4)$$

$$W_{OP} = 2 \cdot [0,5 \cdot W + R \cdot (\cos \beta_1 - 1)]; \quad T_{OP} = R \cdot \sin \beta_1. \quad (5)$$

Экспериментальная часть

Значения параметров модифицированных клиновых ремней в привязке к сечениям стандартных клиновых ремней A, B, C, D, E даны в таблице 1.

Табл. 1. Сравнение характеристик стандартного и модифицированного ремней

Сечение ремня	A	B	C	D	E
$R, \text{ мм}$	9	11,4	14,7	21,1	26,2
$\Delta(L), \%$	15,8	26,2	24,1	16,9	16,7
W_P / W_{OP}	11/11,8	14/15,4	19/20,0	27/29,2	32/34,6
T_{OP}	3,2	4,2	5,4	7,6	9,3
β	$62,8^0$	$73,9^0$	72^0	$64,1^0$	$63,9^0$

Примечание к таблице. Параметр W_P относится к стандартным клиновым ремням соответствующих сечений, [6,7], и приведен для сравнения с соответствующими значениями W_{OP} модифицированного клинового ремня.

Как видно из таблицы, прирост длины боковых сторон модифицированных клиновых ремней по сравнению с их аналогами из стандарта составляет $\approx (17 \div 26)\%$. Это предопределяет соответствующее увеличение сил трения в передачах с модифицированы ремнями при одинаковом предварительном

натяжении модифицированных и стандартных клиновых ремней. А поскольку, площади сечений у сравниваемых ремней одинаковы, это приведет к возможности снижения силы предварительного натяжения у модифицированных ремней, что, в свою очередь, позволит снизить нагрузку на валы и опоры ременной передачи [14-16]. Кроме того, ширина корда модифицированных ремней $W_{ор}$ увеличилась по отношению к аналогичной ширине клиновых ремней W_p на $(8\div 11)\%$. Это также дает преимущество модифицированным ремням по тяговой способности. Количественная оценка этого преимущества может быть получена экспериментальным путем.

Наконец, ввиду равенства площадей сечений у стандартных клиновых и у модифицированных ремней к последним вполне применима современная методика расчета по тяговой способности [17,18], которая используется для стандартных клиновых ремней [8,9].

На рисунке 2 представлен фрагмент ременной передачи с модифицированным клиновым ремнем.

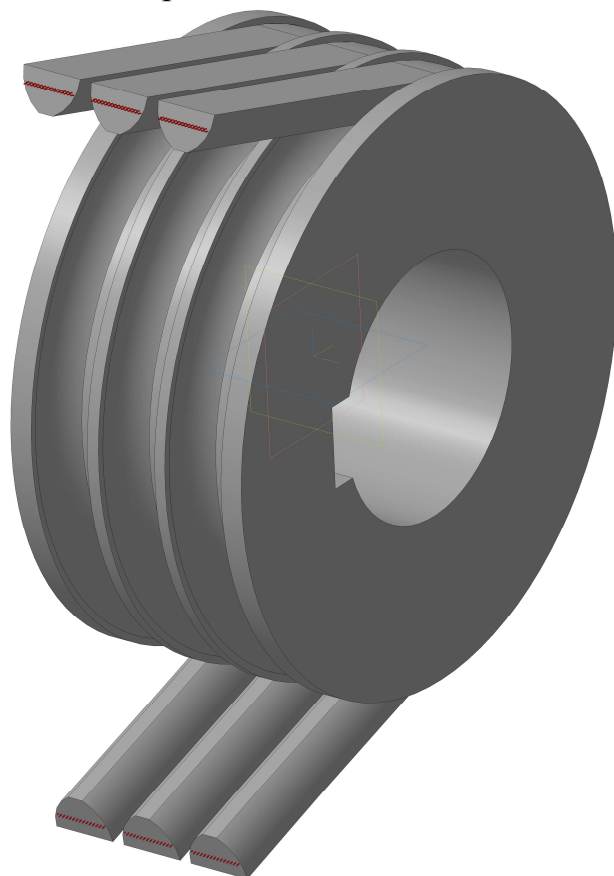


Рис. 2. 3D модель фрагмента ременной передачи с модифицированным ремнем

Выводы

1. Предложенная конструктивная модификация клинового ремня позволяет уменьшить уровень нагрузки на валы и подшипники ременной передачи, что положительно скажется на их работоспособности.

2. Изложенный в статье материал может служить основой дальнейшего исследования ременных передач с модифицированными клиновыми ремнями для детального изучения их прочностных характеристик и разработки методик расчета по тяговой способности и на долговечность.

Список литературы

1. Патент України № 107257. Плоскоремінна передача / С.В. Шевченко, О.С. Кроль, А.В. Хмельницький. – Опубл. 25.05.2016, Бюл. № 10.
2. Патент України № 108372. Клинопасова передача / С.В. Шевченко, О.С. Кроль, А.В. Хмельницький, О.А. Муховатий. – Опубл. 11.07.2017, Бюл. № 13.
3. Патент України № 122215.. Клиноремінна передача / С.В. Шевченко, О.С. Кроль, О.А. Муховатий, А.В. Хмельницький. – Опубл. 26.12.2017, Бюл. № 24.
4. Шевченко С.В., Муховатий А.А., Кроль О.С. Ресурсний аналіз приводних клинових ремней модифіцированного профіля // Фундаментальні основи механіки. – 2016. – №1. – С. 71-75.
5. Патент України № 113816. Передача з ременем арочного профілю / С.В. Шевченко, О.А. Муховатий, О.С. Кроль, А.В. Хмельницький. – Опубл. 10.02.2017, Бюл. № 3.
6. Патент України № 113818. Передача з ременем поліарочного профілю / С.В. Шевченко, О.А. Муховатий, О.С., Кроль, А.В. Хмельницький. – Опубл. 10.02.2017, Бюл. № 3.
7. Патент України № 114863. Передача з модифікованим полікліновим ременем / С.В. Шевченко, О.А. Муховатий, О.С., Кроль, А.В. Хмельницький. – Опубл. 27.03.2017, Бюл. №6.
8. ГОСТ 1284.1-89. Ремни приводные клиновые нормальных сечений. Основные размеры и методы контроля. – М.: ИПК. Изд. стандартов, 2001.
9. ГОСТ 1284.3-96 Ремни приводные клиновые нормальных сечений. Передаваемые мощности. – М.: ИПК. Изд. стандартов, 2001.
10. Патент України № 144566. МПК F16H 7/02 (1006.01). Модифікована клиноремінна передача / С.В. Шевченко, О.А. Муховатий, О.С. Кроль. – Опубл. 12.10.2020. Бюл. № 19.
11. Кроль О.С. Методи і процедури динаміки шпіндельних узлів: Монографія. – Луганск: изд-во ВНУ ім. В. Даля, 2014. – 154 с.
12. Кроль О.С. Параметричне моделювання металорежущих станків і інструментів. Монографія. – Луганськ: СНУ ім. В. Даля, 2012. – 116 с.
13. Кроль О.С., Соколов В.І. Тривимірне моделювання металорізальних верстатів та інструментального оснащення. – Сєверодонецьк: СНУ ім. В. Даля, 2016. – 160 с.
14. Харламов Ю.А., Соколов В.И., Кроль О.С. Трибологическая надежность металлорежущих станков. – Северодонецк: ВНУ ім. В. Даля, 2017. – 320 с.
15. Оптимизация и управление процессом резания: учеб. пособие / О.С. Кроль, Г.Л. Хмеловский. – К.: УМК ВО, 1991. – 140 с.
16. Krol O., Sokolov V. 3D modelling of angular spindle's head for machining centre // Journal of Physics: Conference Series 1278, 012002 (2019).
17. Андриенко Л.А., Байков Б.А., Захаров М.Н. и др. Детали машин. / Под ред. О.А. Ряховского. – М.: Изд. МГТУ им. Н.Э.Баумана, серия Terra mechanica. 2014. – 472 с.
18. Машиностроение. Энциклопедия. В 40 т. Т. IV-1. Детали машин. Конструкционная прочность. Трение, износ, смазка / Под ред. Д.Н. Решетова. – М.: Машиностроение, 1995. – 864 с.

Сведения об авторах:

Шевченко Святослав Владимирович – к.т.н., доцент, заведующий кафедрой, ЛГУ им. В.Даля, г. Луганск, Украина;

Муховатый Александр Анатольевич – к.т.н., доцент, ЛГУ им. В.Даля, г. Луганск, Украина;

Кроль Олег Семенович – к.т.н., доцент, профессор, ВНУ им. В.Даля, г.Северодонецк, Украина.