

ВЛИЯНИЕ ПОДПРУЖИНИВАНИЯ ШКИВОВ НА РАБОТУ КЛИНОРЕМЕННОГО ВАРИАТОРА

Лукьянов А.С., Стариков А.И., Дмитриев Н.А.
Московский политехнический университет, Москва

Ключевые слова: вариатор, шкив, диск, пружина, осевая сила, деформация.

Аннотация. Статья посвящена анализу влияния подпружинивания дисков шкивов на работу клиноременных вариаторов. Перечислены три типа компоновки узлов вариатора. В зависимости от выбранного компоновочного решения выполняются конструкции шкивов вариаторов. Приведен расчет осевых сил на ведущем и ведомом шкивах. Рассмотрены примеры конструкций шкивов с одним или двумя подпружиненными дисками.

INFLUENCE OF SPRINGING PULLEYS ON THE OPERATION OF A V- BELT CVT VARIATOR

Lukyanov A.S., Starikov A.I., Dmitriev N.A.
Moscow Polytechnic University, Moscow

Keywords: variator, pulley, disk, spring, axial force, deformation.

Abstract. The article is devoted to the analysis of the influence of springing of pulley disks on the operation of V-belt variators. Three types of variator assembly layouts are listed. Depending on the chosen layout solution, the designs of variator pulleys are made. The calculation of axial forces on the driving and driven pulleys is given. Examples of pulley designs with one or two spring-loaded disks are considered.

В ряде современных рабочих машин необходимо регулировать скорость рабочих органов в зависимости от изменяющихся свойств обрабатываемого объекта, условий технологического процесса, свойств готового изделия, загрузки машин. Оптимальным является бесступенчатое регулирование скорости. Его можно осуществлять механическими регулируемыми передачами – вариаторами.

В практике находят применение три типа компоновки узлов вариатора: без единого корпуса с одним или двумя регулируемыми шкивами, с простейшей рамой, и в корпусном исполнении с максимальными возможностями по комплектации. В зависимости от выбранного компоновочного решения выполняются конструкции шкивов вариатора. Для без корпусных вариаторов мобильных машин с двигателем внутреннего сгорания, применяют шкив с регулировкой встроенным центробежным механизмом, работающим при изменении частоты вращения n [1, 2].

Регулирование скорости осуществляется осевым перемещением конических дисков, составляющих шкивы. В вариаторах регулируемым может быть один диск или оба диска [3].

В вариаторах с одним регулируемым шкивом, этот шкив выполняется подпружиненным, изменение скорости производится перемещением одного из валов передачи. Для этого ведущий шкив насаживается на вал двигателя,

укрепляемого на подвижной или качающейся плите. Это наиболее простой в конструктивном исполнении механизм. Управляющий механизм осуществляет поступательное перемещение электродвигателя, на валу которого установлен ведущий шкив с одним подпружиненным диском.

На рисунке 1 представлен ведущий шкив вариатора снегохода «Буран» с одним подпружиненным диском. Ведущий шкив состоит из неподвижного конуса, установленных на нем подшипника 1 (шариковый радиальный), втулки 2, пружины 3 и центробежного регулятора [4].

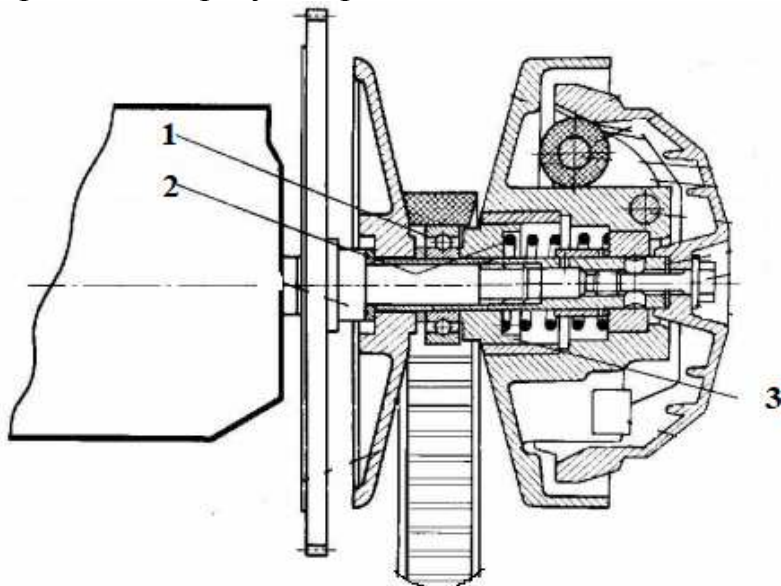


Рис. 1. Ведущий шкив вариатора снегохода «Буран»

В случае подпружинивания обоих дисков шкива жесткость обеих пружин должна быть одинаковой. Даже при малом отличии жесткости обеих пружин будет происходить различное перемещение подвижных дисков, что приведет к перекоосу ремня, ремень теряет устойчивость в канавках шкива [2].

На рисунке 2 представлен шкив с подпружиниванием двух дисков.

В вариаторах с двумя регулируемым шкивами межосевое расстояние можно делать постоянным. Компенсация отклонений в длине ремня и его вытяжке производится дополнительным перемещением дисков с одновременной регулировкой усилия пружины. По мере вытяжки ремня диапазон регулирования может существенно снижаться. Во избежание этого целесообразно и при двух регулируемых шкивах предусматривать возможности периодического перемещения одного из валов [5].

В регулируемых шкивах может перемещаться или только один диск или оба одновременно – симметрично. При перемещении только одного шкива ремень перемещается не только в радиальном, но и в осевом направлении.

Необходимое натяжение ремня создается преимущественно осевым воздействием пружины. Установление оптимальной величины осевой силы необходимо для обеспечения тяговой способности вариатора и долговечности ремня. При недостаточной величине осевой силы не будет обеспечиваться тяговая способность, излишнее пережатие снизит долговечность ремня [6].

Определяем осевые силы на шкивах, по формулам (1), (2).

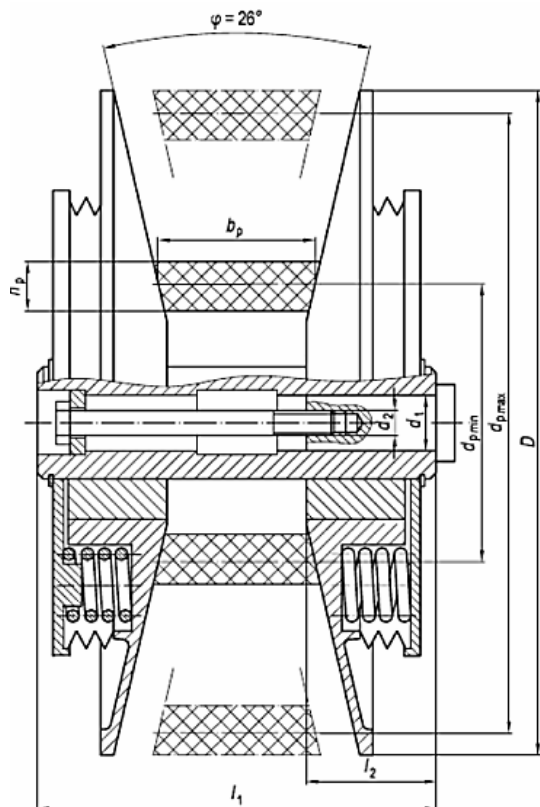


Рис. 2. Шкив с автоматическим поджатием дисков шкивов

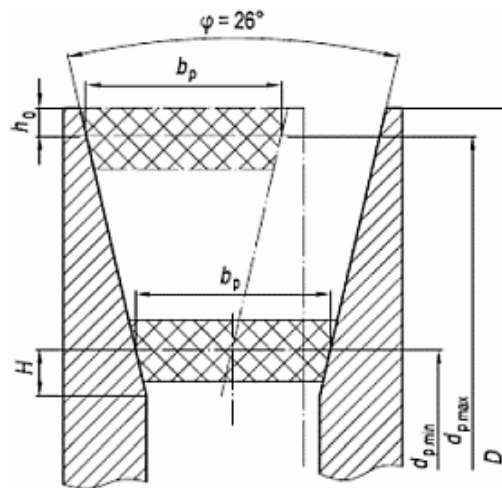


Рис. 3. Шкив с принудительным перемещением дисков

На ведущем шкиве

$$F_{x1} = \left[\frac{\cos(\varphi/2)}{2f} + \frac{m}{m-1} \cdot \frac{\alpha_{n1}}{2\text{tg}(\varphi/2 + \rho)} \right] F_t, \quad (1)$$

где F_{x1} – осевая сила на ведущем шкиве; F_t – окружная сила; φ – угол клина; f – коэффициент трения; α_{n1} – угол покоя на ведущем шкиве; m – показатель тяги.

$$m = \frac{1 + \psi}{1 - \psi},$$

ψ – коэффициент тяги.

Угол трения $\rho = \text{arctg} f$.

Приведенный коэффициент трения f_1' для ведущего шкива:

$$f_1' = \frac{f}{\sin(\varphi/2)}.$$

На ведомом шкиве

$$F_{x2} = \left[\frac{\cos(\varphi/2) - f \sin \beta \cdot \sin(\varphi/2)}{2f \cos \beta} + \frac{1}{m-1} \cdot \frac{\alpha_{n2}}{2\text{tg}(\varphi/2) + \rho} \right] F_t \quad (2)$$

где F_{x2} – осевая сила на ведомом шкиве; α_{n2} – угол покоя на ведомом шкиве.

Для ведомого шкива, при условии, что сила трения направлена под углом β ($\beta = 30^\circ$) к касательной и для передачи тангенциальной силы используется только ее часть.

Приведенный коэффициент трения F_2' для ведомого шкива:

$$f_2' = \frac{f \cos \beta}{\sin(\varphi/2) + f \sin \beta \cos(\varphi/2)}.$$

Углы покоя на шкивах

$$\alpha_{n1} = \alpha_1 - \frac{\ln m}{f_1'}, \quad \alpha_{n2} = \alpha_2 - \frac{\ln m}{f_2'}.$$

F_{x1} и F_{x2} изменяются в зависимости от нагрузки и скоростного режима. На рисунке 3 соответствуют углу клина $\varphi = 26^\circ$ [1, 4].

Для ориентировочных расчётов необходимую осевую силу нажатия F_x можно определить по формуле

$$F_x = \beta \frac{F_t}{2f} \cos \frac{\varphi}{2}.$$

Коэффициент запаса сцепления для ведущего шкива $\beta = 1,7 \dots 2,2$; для ведомого $\beta = 1,2 \dots 1,4$.

В процессе регулирования скорости изменяются деформации пружины, осевые силы, натяжение ремня.

Подпружиненный шкив целесообразно размещать так, чтобы осевая сила во всех положениях соответствовала окружной силе, при этом учитывать характеристики и жесткость пружины. Стремиться к тому, чтобы передача работала с постоянным коэффициентом тяги ψ .

Список литературы

1. Пронин Б.А., Ревков Г.А. Бесступенчатые клиноременные и фрикционные передачи (вариаторы). – М.: Машиностроение, 1980. – 320 с.
2. Лукьянов А.С. Методы выбора и оценки характеристик вариатора транспортного средства: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – Москва, 2001. – 141 с.
3. Набиев М.Б. Анализ типичных приводов механизмов управления клиноременных вариаторов // Universum: технические науки: электрон. научн. журн. – 2021. – №5(86). – URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/11790>.
4. Руководство по эксплуатации 110000300РЭ Снегоход «Буран», 2020. – 108 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: go-rm.ru.
5. Байков Б.А. и др. Атлас конструкций узлов и деталей машин: учеб. пособие / Под ред. О.А. Ряховского, О.П. Леликова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. – 400 с.
6. Лукьянов А.С., Стариков А.И. Методика оценки эффективности работы клиноременного вариатора в легком транспортном средстве // Известия МГТУ МАМИ. – 2017. – №3(33). – С. 28-40.

Сведения об авторах:

Лукьянов Александр Сергеевич – к.т.н., доцент, доцент кафедры «Техническая механика и компьютерное моделирование»;

Стариков Алексей Игоревич – старший преподаватель, кафедры «Техническая механика и компьютерное моделирование»;

Дмитриев Никита Андреевич – аспирант.