

ОБ УМЕНЬШЕНИИ ИЗНОСА ВТУЛОЧНО-РОЛИКОВЫХ И ИНЫХ ЦЕПЕЙ

© 2011 К. Н. Войнов

Санкт-Петербургский государственный университет путей сообщения

Поступила в редакцию 10.11.2011

В статье приводится новый способ существенного уменьшения износа различных типов цепей (например, втулочно-роликовых). Положительный эффект достигается за счёт устранения в конструкциях натяжителей стандартного типа, а именно, роликов, звёздочек, упругих пластин, пружин, которые усложняют и удорожают систему, создают дополнительные изнашивающиеся пары трения и пр.

Ключевые слова: цепь втулочно-роликовая, натяжитель, магнит, испытательный стенд.

Довольно часто в технике (в машинах и механизмах) встречаются отдельные рабочие элементы или целые узлы, которые в течение нескольких десятилетий не претерпевают каких-либо существенных конструктивных изменений, скорее, пожалуй, меняется технология их изготовления. Например, возьмём втулочно-роликовую (велосипедную) цепь, натянутую на звёздочки. При этом могут меняться следующие основные характеристики: длина цепи, шаг, масса, межосевое расстояние, диаметры звёздочек, передаточное число, количество зубьев и число звеньев, масса, рядность цепи, силовые и скоростные факторы, особенности натяжения цепи и смазки. При традиционном вертикальном расположении звёздочек и цепи соответственно стандартными натяжителями её являются следующие: подпружиненные ролики, установленные на осях с подшипниками качения, или звёздочки, реже – плоские пружины. Возможно обеспечивать натяжение цепей для уменьшения их провисания за счёт винтовых устройств, размещаемых в пазах. И вообще большинство натяжных устройств требуют использование ручной регулировки с перемещением натяжителя по пазу, сделанному в опоре конструкции. Все эти варианты, хоть и широко используются, в том числе и в промышленном оборудовании, оказываются достаточно сложными, трудоёмкими в изготовлении, обладают не очень высокой надёжностью, создают дополнительные пары трения, изнашивающие цепь.

При эксплуатации цепей, кроме их естественного изнашивания, происходит некоторое вытягивание цепи в целом, что часто приводит к меньшим углам охвата зубьев звёздочек и переменным из-за увеличивающихся колебаний или вибраций. Это в свою очередь отражается на неравномерности распределения нагрузочных/тяговых усилий как на звенья

цепи, так и на зубья звёздочек. Наконец, при ослаблении натяжения цепи возможны её «соскакивания», что ведёт к остановке или даже поломке механизма. Не меньшие проблемы возникают для горизонтально натянутых на звёздочки цепей, так как в этом случае износ как зубьев, так и самих цепей значительно возрастает. Дело в том, что провисание цепи при горизонтальном расположении весьма нежелательно, так как набегание цепи или её сход со звёздочки происходит под углом, а это неизбежно вызывает неравномерный и быстрый износ не только зубьев и цепи, но даже «тела» звёздочек. Всё это полностью подтверждает практика эксплуатации цепей с их горизонтальным или наклонным расположением. Поэтому совершенствование системы натяжения цепей следует рассматривать как проблему, которая в статье решена по-новому (рис. 1, 2). Как уже отмечалось, при наличии роликов для их вращения применяют подшипники, смазка в которых быстро загрязняется абразивом, что увеличивает износ всех пар трения: «шарики подшипника-дорожки качения колец» и «ролик-цепь». Аналогичная негативная картина наблюдается и при использовании в качестве натяжителей звёздочек или пластин. В разработанном автором варианте, на который оформлена заявка для получения патента, все перечисленные недостатки, связанные с натяжением цепи при любом её пространственном расположении, полностью устранены. Например, для вертикального расположения цепи (рис. 1) эффективное натяжение звеньев достигается с использованием постоянного магнита. Наличие бобышки с винтом позволяет чётко регулировать расположение магнита (постоянного или электрического) по высоте между двумя ветвями цепи. Если цепь очень длинная, то возможна установка двух магнитов, устанавливаемых на определённых расстояниях как друг от друга, так и от звёздочек. Бобышка б, благодаря наличию паза в опоре, может быть передвинута в требуемое положение и в нём закреплена для оптимального расположения магнита. Последний спо-

Войнов Кирилл Николаевич, академик, доктор технических наук, профессор кафедры Теория механизмов и робототехнические системы. forstar@mail.ru

собствует большему охвату зубьев звёздочек и постоянно (автоматически) подтягивает цепь в процес-

се её работы, устраняя негативные влияния от износа пар трения и вытяжения звеньев.

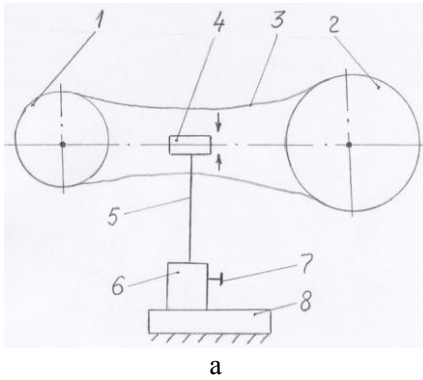


Рис. 1. Пример обеспечения бесконтактного натяжения цепи: 1 и 2 – звёздочки; 3 – цепь (например, втулочно-роликовая); 4 – магнит; 5 – стойка вертикальная; 6 – бобышка; 7 – винт стопорный; 8 – опора.

При горизонтальном положении звёздочек и цепи аналогично используются два магнита, располагаемые в непосредственной близости от звёздочек над обеими ветвями цепей слева и справа. Таким способом осуществляется постоянное приподнятое положение цепи и она оказывается соосно расположенной с положением самих звёздочек. Тем самым полностью исключается несоосное набегание цепи на звёздочку или сбежание её со звёздочки. В экспериментах была использована втулочно-роликовая (велосипедная) цепь, межосевое расстояние для которой по центрам звёздочек было равно 570 мм. Диаметры звёздочек по вершинам их зубьев были равны около 98 мм. На ведущей звёздочке было нарезано 22 зуба, а на ведомой 23. Ширина цепи 8 мм, просвет между щёчками цепи около 4,6 мм. В зависимости от формы и силы магнита, скорости движения цепи и её массы можно легко установить магнит в оптимальное положение. При таком бесконтактном натяжителе значительно уменьшается износ цепи, меньше происходит её вибрация, упрощается и удешевляется конструкция.

Подобное техническое решение применимо и для натяжения многорядных цепей. Форма магнитов, их размеры и сила могут быть разными с учётом специфики исполнения самих цепей и режимов работы. Однако несколько большие углы охвата зубьев цепью уменьшают как риск возможного соскакивания цепи, так и напряжения в зубьях, что повышает надёжность работы механизма в целом. Общий алгоритм расчёта цепей, как правило, следующий. Расчёт передач зацеплением обычно ведётся в два этапа: первый – проектный, с целью определения геометрических параметров передачи; второй – проверочный расчёт зубьев зубчатых передач на выносливость по контактным и изгибным напряжениям и цепи цепной передачи на прочность и износостой-

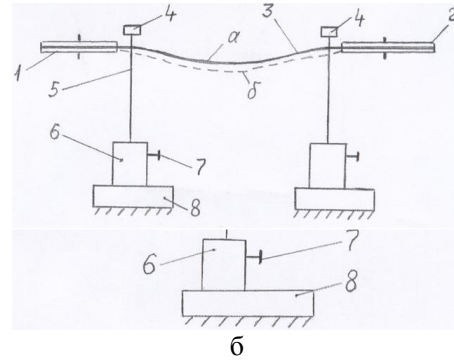


Рис. 2. Схематичный вариант расположения магнитных натяжителей цепи при горизонтальном расположении звёздочек: числовые обозначения деталей аналогичны предыдущему рисунку; а – расположение цепи при использовании магнитов; б – нежелательное провисание цепи у звёздочек при традиционной схеме сборки.

кость. Для цепей имеем такую последовательность вычислений: определить шаг цепи; рассчитать число зубьев ведомой звёздочки; определить фактическое передаточное число; рассчитать оптимальное межосевое расстояние; вычислить число звеньев цепи и уточнить межосевое расстояние; определить требуемую длину цепи; рассчитать диаметры звёздочек; сделать проверочный расчёт (проверить частоту вращения меньшей звёздочки, число ударов цепи о зубья звёздочек; определить фактическую скорость цепи, окружную силу; проверить давление в шарнирах цепи; оценить прочность цепи, силу давления цепи на вал и ресурс работы по износу).

В имеющейся технической литературе такие особенности движения цепей (с применением магнитов) практически детально не учитывались, а скорее лишь затрагивались косвенно. Например, при расчёте предварительного натяжения F_0 цепи от излишнего провисания ведомой ветви (от её силы тяжести) используют формулу вида:

$$F_0 = K_f q a g, \text{ (Н)},$$

где K_f – коэффициент провисания, равный шести для горизонтальных передач и трём для передач, наклонённых к горизонту до 40° (естественно, что для вертикально расположенных передач этот коэффициент равен 1); q – масса 1 м цепи, кг/м; a – межосевое расстояние, м; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения.

Как видно из приведённой формулы, значения коэффициента провисания имеют достаточно большие значения, а потому значительно влияют на расчётное значение силы предварительного натяжения цепи. Как показывают предварительные результаты проведённых экспериментов на разработанном испытательном стенде для исследования динамики и износостойкости зубчатых передач при их различном пространственном положении, для случая гори-

горизонтального расположения звёздочек при использовании магнитов коэффициент K_f оказывается практически равным единице (рис. 2)!

Этот результат объясняется тем, что при наличии магнитов, размещённых над обеими ветвями цепей в непосредственной близости от горизонтально расположенных звёздочек, происходит приподнятия цепи и как результат – соосное расположение в схеме «звёздочка – цепь». Отсутствие провисания как в месте набегания цепи на звёздочку, так и в зоне схода её со звёздочки кардинально улучшает работу цепной передачи, максимально уменьшает износ, вибрацию и даже частично шум при работе такой схемы эксплуатации. Какую же мы наблюдаем картину, если цепь надета на звёздочки, расположенные в вертикальной плоскости? При установке магнита в пространстве между ветвями цепи обе ветви подтягиваются друг к другу, лучше охватывая зубья звёздочек. При износе звеньев цепи, при её вытягивании и износе зубьев звёздочек магнит постоянно и автоматически продолжает натягивать цепь (рис. 3). Как показали наблюдения, в этом случае увеличение угла охвата цепью звёздочек приводит к тому, что в работу дополнительно подключается примерно ещё один зуб, но не менее половины зуба. Это определяется начальной степенью натяжения цепи, длительностью её работы и величиной межосевого расстояния.



Рис. 3. Демонстрация установки бесконтактного натяжения цепи с помощью магнита.

При наличии большого расстояния между звёздочками имеет смысл устанавливать два магнита на некотором расстоянии друг от друга, которые не

только постоянно подтягивают цепь, увеличивают угол охвата цепью звёздочек, но и «успокаивают» характер движения цепи в работе, уменьшая неизбежно появляющиеся колебания. Интересным является также и следующий факт, который был в лаборатории получен экспериментально, что сила сопротивления вращению цепи, натянутой на звёздочки с использованием магнита, оказалась несколько меньше, чем эта величина при натяжении втулочно-роликковой цепи с помощью традиционных натяжителей (роликов или звёздочек). Приведём также формулу изобретения по данной разработке. Натяжитель цепи, содержащий цепь и звёздочки с устройством их крепления к опоре, отличающийся тем, что он выполнен в виде магнита любого типа и формы, который при вертикальном расположении звёздочек и цепи размещён между ветвями цепи в требуемом положении благодаря использованию подвижной штанги, фиксируемой винтом по вертикали, а также бобышки, фиксируемой в опоре по горизонтали, а при горизонтальном расположении звёздочек и цепи один магнит расположен над обеими ветвями цепи у ведущей звёздочки, а другой магнит закреплён над обеими ветвями цепи у ведомой звёздочки, при этом сами магниты пространственно размещены между звёздочками. Таким образом, можно с уверенностью считать, что означенная проблема по бесконтактному и эффективному натяжению цепи как при её вертикальном, так и при горизонтальном или наклонном положении полностью решена и обеспечивает высокую надёжность и износостойкость работы цепей и звёздочек в эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А. Е. Шейнблит. Курсовое проектирование деталей машин. – Калининград: Янтарный сказ, 1999. – 454 с.
2. А. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. Детали машин. Курсовое проектирование. М.: Машиностроение, 2002. – 536 с.
3. Г. Б. Иосилевич, Г. Б. Строганов, Г. С. Маслов. Прикладная механика. Под ред. Г. Б. Иосилевича. М.: Высшая школа, 1989. – 351 с.
4. К. Н. Войнов. Натяжитель цепи. Заявка на получение патента. №2011124693 от 16.06.2011 г. с получением положительного решения.

ABOUT OF THE DIMINUTION OF WEAR FOR SLEEVE-ROLLER AND OTHERS CHAINS

© 2011 K. N. Voinov

Petersburg State Transport University

A new way how essentially we can decrease the wear for different (for example, sleeve-roller) chains is given in this article. The positive effect can be gotten if the old standard parts (rollers, sprockets, restoring plates, springs which make the mechanical system more complicated and expensive adding new pairs of friction) will be moved away.

Key words sleeve-roller chain, tensioner, magnet, test bench.

Vojnov Cyril Nikolaevich, the academician, the doctor Engineering science, the professor of chair the Theory of mechanisms and robotics systems, E-mail: forstar@mail.ru