

УДК 621. 855

Роликовая цепь – конструкция и реальность

Усова Е.В., Иванов П.А., Краснова А.Ю., Жигайлов А.В.

Азово-Черноморский инженерный институт Донской ГАУ

Аннотация

В данной статье рассмотрено влияние роликов приводной цепи на износ зубьев звездочек. Приведено сравнение роликовых и втулочных цепей применительно к долговечности цепных передач. Предложено решение, позволяющее обеспечить удвоенную долговечность приводных цепей

Ключевые слова: ЦЕПНАЯ ПЕРЕДАЧА, РОЛИКОВАЯ ЦЕПЬ, ИЗНОС, ВТУЛКА, РОЛИК, ЗВЕЗДОЧКА

Цепные передачи занимают одно из ключевых мест среди остальных видов механических передач большого количества современных отечественных и зарубежных сельскохозяйственных машин, эффективная работа и надежность которых в значительной степени зависят от долговечности приводных роликовых цепей [1,2,3].

Шарнир цепной передачи представляет собой трёхуровневую систему: валик – втулка, втулка – ролик, ролик – зуб звёздочки. Одна из важных ролей в этой системе предоставлена роликам. Они должны предохранять от износа зубья звёздочек.

Решение по их применению принято более полутора века назад визуально, и сохраняется до настоящего времени во всём мире. Логика очень проста - ролик должен быть неподвижным на зубе при перегибах цепи, а трение должно происходить между втулкой и роликом. То есть ролик должен практически полностью исключать износ зубьев. Между тем зубья звёздочек в реальных передачах изнашиваются весьма интенсивно. Обычно это объясняют плохой смазкой, абразивными частицами и тому

подобным. Но ведь если нет перемещения ролика по зубу, нет и трения, а, следовательно, не должно быть износа зубьев.

Между тем напрашивается другая логика. С чем контактируют зубья? Только с роликами. Что может их изнашивать? Только ролики. Но как же они могут их изнашивать, если в процессе работы неподвижны относительно зубьев?

В отечественной науке нами не найдено ни одного исследования, посвящённого рассмотрению процесса работы ролика на зубе звёздочки. В данной работе мы рассмотрим силовой механизм взаимодействия втулки, ролика и зуба при входе внутреннего звена цепи в зацепление со звёздочкой.

В первый момент после входа шарнира внутреннего звена в зацепление с зубом звёздочки, детали шарнира расположатся в положении, показанном на рис. 1. Точки контакта ролика с зубом и втулки с роликом (условно показанной на рисунке тонкой линией по наружному диаметру) расположатся на одной линии, совпадающей с направлением усилия во внутреннем звене цепи.

Следует отметить, что пластины внутреннего звена жёстко связаны с втулкой и изменение направления силы F будет одновременно вызывать поворот втулки в ту или иную сторону.

При попытке незначительно малого поворота втулки вокруг своей оси взаимное расположение деталей шарнира резко изменится. Новая ситуация показана на рис. 2. Первоначальная точка контакта втулки с внутренней поверхностью ролика $a1$ переместится на угол трения φ в аналогичную точку $a2$. Это неизбежно, потому что скольжение втулки по внутренней поверхности ролика не может произойти до появления необходимой силы трения $F_{тр}$.

При этом возникнет разложение силы F на две составляющие: силу нормального давления F_n и силу трения $F_{тр}$. Под действием силы F_n точка $k3$ должна совместиться с точкой $k2$. Чтобы это произошло, ролик должен перекатиться и занять положение, показанное на рис. 2 прерывистыми линиями. Но, как видно из рисунка, при перемещении контуры ролика должны пересечь контур втулки. То есть втулка не позволяет выполнить упомянутое совмещение перекачиванием. Оно происходит только при скольжении ролика по зубу.

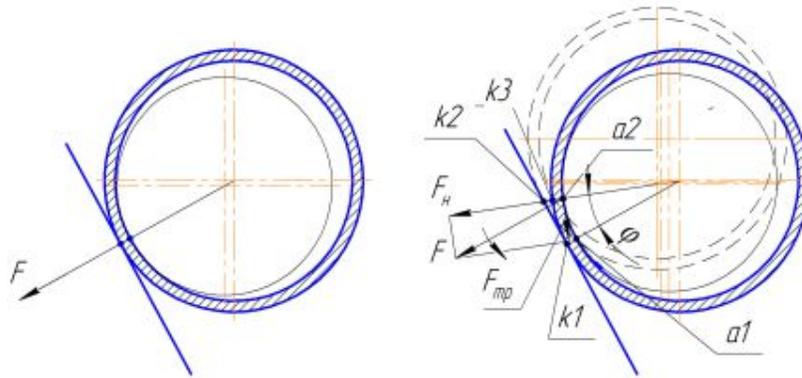


Рис. 1-2. Детали шарнира в момент начала изменения направления силы F

В дальнейшем система «зуб, ролик, втулка» принимает единое жёсткое состояние, показанное на рис. 3. Далее точка контакта ролика на зубе остаётся постоянной. С поворотом звёздочки изменяется положение плоскости зуба и шарнира цепи во времени и пространстве, при этом направление силы F остаётся неизменным, так как оно определяется силой натяжения цепи. Изменение положения звёздочки и зуба вызывает поворот жёсткой полусистемы «ролик, втулка» вокруг оси шарнира и скольжение ролика по поверхности зуба в точке контакта под большим усилием, вызывающее интенсивный износ зуба.

Можно предположить, что при повороте звена и втулки от перегиба цепи (рис. 3) ролик может остаться на месте, а втулка будет скользить по внутренней поверхности ролика. Но это предположение неправомерно, так как сразу же произойдет ситуация, показанная на рис. 2.

Поверхности роликов тоже изнашиваются, однако они имеют большую сменяемую поверхность и контактируют с зубьями лишь периодически, благодаря чему износ визуально незаметен (особенно по сравнению с зубьями).

На основании вышеизложенного механизма работы роликов и втулок на зубьях можно сделать однозначный вывод, что ролики не защищают зубья звёздочек от износа, а, наоборот, интенсивно его вызывают. Это и наблюдается в практике использования

цепных передач. Кроме того, ролики вызывают значительный шум, что является одним из основных недостатков цепных передач, особенно расположенных внутри помещений.

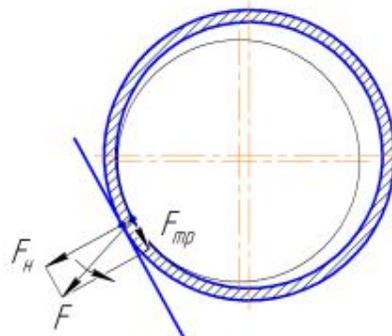


Рис. 3. Изменения направления силы F при повороте звена и втулки от перегиба цепи

Можно предположить, что при отмене роликов и переходе на втулочные цепи износ зубьев ещё больше увеличится. Проанализируем это предположение на примере звёздочки в 20 зубьев и шарнира роликовой цепи шага 25,4 мм. Диаметр её ролика равен 15,88 мм, а диаметр втулки 11 мм. Угол перегиба цепи на этой звёздочке равен 18° .

Несложно посчитать, что при этом путь трения ролика о зуб при перегибе составит $15,88 \times 3,14 : 360^\circ \times 18^\circ = 2,49$ мм. Соответственно, путь трения втулки о зуб, если удалить ролик, составит $11 \times 3,14 : 360^\circ \times 18^\circ = 1,72$ мм, что на 30,9% меньше, чем у ролика. Таким образом работа трения по износу зубьев у втулки будет значительно меньше, чем у ролика.

Понятно, что втулки сами получают значительный местный износ, в отличие от роликов, имеющих собственный круговой износ, как упоминалось выше, визуально незаметный. Но с точки зрения критичного износа втулок опасности не возникает. Во-первых, втулки изнашиваются зубьями периодически, как и ролики, а во-вторых, износ происходит по поверхности втулок от середины внутреннего звена, то есть на противоположной стороне от контакта их с валиками, и даже сквозной износ их с этой стороны ущерба долговечности цепи не принесёт.

Как ни парадоксально, но данный износ втулок оказывается весьма полезным для долговечности втулочной цепи. Сущность этого явления заключается в том, что износ

втулок со стороны середины внутреннего звена постепенно увеличивает его шаг. А, как известно, при износе валиков и втулок шаг внутренних звеньев роликовой цепи остаётся постоянным, что при износе шарниров вызывает разношаговость внутренних и наружных звеньев. Но это приводит к прямому увеличению шага наружных звеньев, что в два раза сокращает срок службы роликовых цепей. Втулочная же цепь, как упоминалось выше, обеспечивает равношаговость цепи. При одинаковом износе деталей внутренних и наружных звеньев это примерно в два раза увеличивает срок её службы в сравнении с роликовой цепью.

На рис. 4-5 показано расположение шарниров роликовой и втулочной цепей на звёздочке в 40 зубьев. Как видно из промежуточной схемы (рис. 4), в шарнире роликовой цепи, работающем с внутренним звеном, после некоторого износа деталей произошёл перегиб на угол, в 3,5 раза меньший, чем в шарнире, работающем с наружным звеном. Соответственно, и мгновенный износ деталей в этих шарнирах отличается во столько же раз при одинаковом износе деталей их шарниров для цепи.

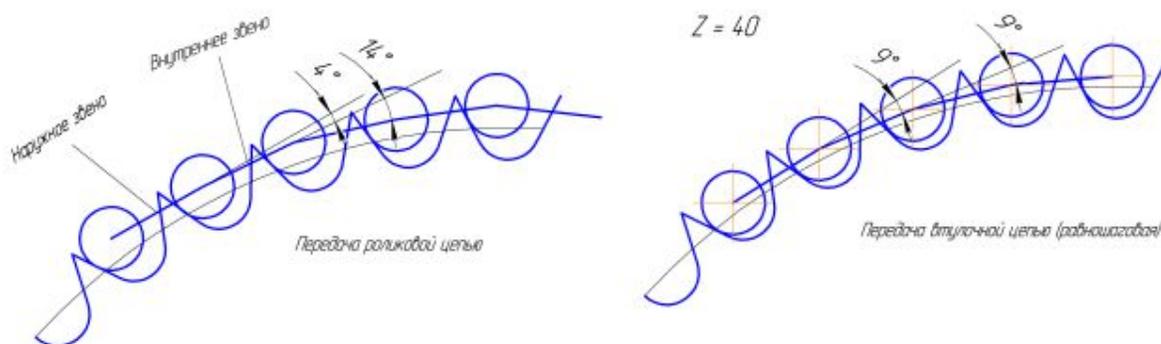


Рис. 4-5. Расположение шарниров роликовой и втулочной цепей на звёздочке в 40 зубьев

Понятно, что такая ситуация развивается постепенно. Сразу после установки на звёздочки новой цепи углы её перегиба будут одинаковыми. Но в дальнейшем износ деталей шарнира, работающего с внутренним звеном, начнет уменьшаться в связи с уменьшением угла перегиба звена по причине неизменности его шага.

При этом угол перегиба наружного звена увеличится ровно настолько, насколько он уменьшился у внутреннего звена, так как суммарный угол перегиба соседних звеньев

цепи на любой звёздочке неизбежно должен составлять величину $720^\circ/z$, где z число её зубьев.

Следовательно, износ шарниров роликовой цепи, работающих с наружными звеньями, и удлинение их шага будут происходить с удвоенной интенсивностью (в сравнении с шарнирами, работающими на внутренних звеньях, ввиду неизменности их шага).

На рис. 5 показана втулочная цепь. Относительное расположение её звеньев, в силу равношаговости, образующейся от износа наружных поверхностей втулок цепи, независимо от места положения шарниров на зубьях и составляет угол в $360^\circ/z$, а шарниры имеют одинаковый износ. Нарастание удлинения шага цепи происходит при этом с уменьшенной вдвое интенсивностью, по сравнению с разношаговой роликовой цепью.

Выводы

1. Ролики в приводных пластинчатых цепях следовало бы упразднить как не соответствующие своему назначению.

2. Применение втулочных цепей позволит уменьшить примерно на 30% износ зубьев звёздочек в сравнении с роликами.

3. Втулочные цепи обеспечивают удвоенную долговечность приводных цепей в сравнении с роликовыми цепями.

Таким образом, ежегодно в мире тратятся миллионы тонн высококачественного металла, миллиарды единиц электрической и человеческой энергии на производство детали не только бесполезной, но и вредной, снижающей долговечность приводных цепей в два раза и увеличивающей износ зубьев звёздочек.

Список использованных источников

1. Усова Е.В., Усов А.С. Роликовая цепь повышенной долговечности // Тракторы и с/х машины. - 2011. №1. - С. 40-42.

2. Усова Е.В., Усов А.С. Влияние износа шарниров роликовой цепи на работу цепной передачи // Труды ГОСНИТИ. - 2011., т. 108. - С. 95-99.

Усова Е.В., Иванов П.А., Краснова А.Ю., Жигайлов А.В.

Роликовая цепь – конструкция и реальность

Электронный научно-производственный журнал

«АгроЭкоИнфо»

3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2015617632. Программа расчета предельного износа приводной роликовой цепи / Серёгин А. А., Ламин В.А. Дата регистрации 16.07.2015 г.

Цитирование:

Усова Е.В., Иванов П.А., Краснова А.Ю., Жигайлов А.В. Роликовая цепь – конструкция и реальность // АгроЭкоИнфо. – 2020, №4. – http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2020/4/st_406.pdf