

УДК 621.876:531.3

ИЗНОС КАНАТА ПТМ И РАБОТА ТРЕНИЯ

©Писарцов А. С.

Українська інженерно-педагогічна академія

Інформація про автора:

Писарцов Олександр Сергійович: ORCID 0000-0003-4661-5441; alex.pisartsov@gmail.com; старший викладач кафедри машинобудування та транспорту; Українська інженерно-педагогічна академія; вул. Університетська 16, м. Харків, 61003, Україна.

Проведен анализ литературных источников по изучению трения возникающего в контактных парах канат-блок, канат-шкив.

В связи с тем, что процесс износа в приводе подъемно-транспортных машин характеризуются выкрашиванием частиц из стального каната и тягового шкива, сначала рассматривали виды трения возникающие при работе каната с блоком: износ связанный с веществом взаимодействия и износ связанный с механическими разрушениями, приведен рисунок экспериментального исследования, далее рассмотрена работа на различных канавках блоках: V-образной и круглой. Приведены схемы данных блоков с указанием залегания канатов, благодаря поперечной эластичности и эффективной тяге.

Рассмотрен радиальный износ и в направлении эффективной тяги пар канат-канатный блок и канат-ведущий шкив, выполненного в трибосистеме, его размер, и описание его различными авторами.

В заключении приведены различные модели вычисления износа, предложенные учеными.

Ключевые слова: износ; трибосистема; канат, канатный блок, ведущий шкив.

Писарцов О. С. «Знос канату та робота тертя».

Проведено аналіз літературних джерел по вивченню тертя, що виникає в контактних парах канат-блок, канат-шків.

У зв'язку з тим, що процес зносу в приводі підйомно-транспортних машин характеризуються викрашенням частинок із сталевого канату і тягового шківа, спочатку розглядали види тертя, що виникають при роботі канату з блоком: знос пов'язаний з речовиною взаємодії і знос пов'язаний з механічними руйнуваннями, наведено малюнок експериментального дослідження, далі розглянута робота на різних канавках блоках: V-подібною і круглою. Наведено схеми даних блоків із зазначенням залягання канатів, завдяки поперечної еластичності і ефективною тязі.

Розглянуто радіальний знос і в напрямку ефективною тяги пар канат-канатний блок і канат-ведучий шків, виконаного в трибосистемі, його розмір, і опис його різними авторами.

В завершенні наведені різні моделі обчислення зносу, запропоновані вченими.

Ключові слова: знос; трибосистеми; канат, канатний блок, ведучий шків.

Pysartsov O. “Wear of the rope and the work of friction”.

The analysis of literature sources on the study of the friction of the rope-block, rope-pulley, which occurs in the contact pairs, is analyzed.

Піднімально-транспортні машини

Due to the fact that the wear process in the drive of lifting and transporting machines is characterized by the chipping of the particles from the steel rope and traction sheave, first we considered the friction types arising from the operation of the rope with the block: wear associated with the interaction substance and wear associated with mechanical damage, research, further work on the various grooves of blocks: V-shaped and round. The data of the blocks with the indication of the occurrence of ropes are given, due to the transverse elasticity and effective thrust.

Considered the radial wear and in the direction of effective traction of pairs of rope-rolled block and the rope-leading pulley, made in the tribosystem, its size, and its description by various authors.

At the end, various models of calculating wear, proposed by scientists, are presented.

Key words: wear; tribosystem; rope, rope block, driving pulley.

1. Введение

При работе ПТМ помимо разрушений происходит постоянное изменение геометрических размеров и свойств рабочих поверхностей деталей, вследствие чего увеличиваются зазоры в подвижных и уменьшаются натяги в неподвижных соединениях, нарушается взаимное положение деталей, ухудшаются условия зацепления зубчатых колес редукторов и т. д. Одна из основных причин этих нежелательных явлений – процесс изнашивания.

При эксплуатации машины подвергаются различным внешним воздействиям, под влиянием которых их надежность снижается из-за разрушений и появления износа, в результате чего машина не может обеспечить требуемые технические параметры и характеристики, а в худшем случае не может использоваться по назначению.

2. Анализ литературных данных

Технологический процесс любого современного производства связан с перемещением огромного количества грузов. Поэтому проблема долговечности работы канатов ПТМ является актуальной. Изучением данной тематики занимались Е. Клейн, В. Вернле, П. Грабнер, Ф. Хайманс, Б. С. Ковальский и др.

Многочисленные исследования, связанные с влиянием отношения D/d , диаметров проволок занимались В. Пангель, О. Крафт, В. И. Прокофьев и др.

3. Цель и задачи исследования

Целью данной работы является изучение процессов трения в парах канат-канатный блок и канат-ведущий шкив, а так же рассмотрение моделей, предложенных учеными.

Для достижения поставленной цели необходимо выяснить, какие виды износа присутствуют в парах трения, рассмотреть модели, предложенные учеными, зависимости различных показателей на износ пар трения канат-канатный блок и канат-ведущий шкив.

4. Работа трения

Процесс износа в приводе грузоподъемных машин характеризуются выкрашиванием частиц из стального каната и тягового шкива, что может происходить при взаимодействии пары трения канат-блок в результате различных его видов:

Піднімально-транспортні машини

Износ связанные с веществом взаимодействия:

– Адгезия может привести к кратковременному химическому связыванию с последующим разделением веществ. Это может вызвать так называемый «захват» контактных поверхностей, в которых происходит удаление или перенос материала.

– Трибохимический износ механизма обусловлен чрезмерным поверхностным давлением или повышенной температурой, вызванными химическим взаимодействием пар трения между собой или веществами окружающей среды.

Износ связанный с механическими разрушениями:

– Абразивный износ заключается в разрушении металла твердыми зернами абразива при пластическом деформировании и микрорезании трущихся поверхностей.

– Усталостный износ — износ вследствие усталостного разрушения поверхностного слоя материала при многократном действии нагрузки, приводящем к зарождению и распространению внутри сильно деформированного слоя трещин, преимущественно параллельных поверхности, которые вызывают отделение в форме тонких чешуек материала.

– Граничное трение – возникает в случае, когда поверхности трения разделены слоем смазки малой толщины (менее 0,1 мкм), не превышающим высоты микронеровностей (шероховатости) поверхности.

– Смешанное (полужидкостного) трение – имеет место при наличии в контакте жидкостной и граничной смазки [1].

Все эти виды износа накладываются друг друга, что приводит к тому, что макроскопический износ в тяговой системе становится видимым (Рис.1), особенно это заметно на внешних проволоках канатов и на изменении геометрии канавки тягового шкива.

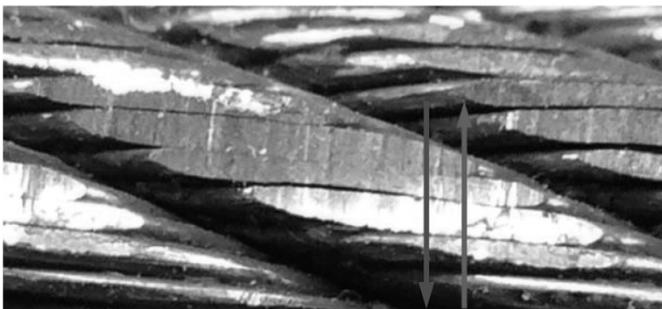


Рис 1. – Испытательный канат со значительным радиальным износом (испытания на изгиб с V-образной канавкой без передачи мощности, стрелки обозначают направление скольжения при загрузке / разгрузке каната)

резкое уменьшение долговечности работы каната.

Износ наружных проволок приводит к уменьшению площади поперечного сечения стального каната. Для существующих канатов, используемых в подъемных машинах, уменьшение площади поперечного сечения приводит к увеличению напряжений растяжения и изгиба, а, значит, величины напряжений, возникающие в изношенных проволоках, увеличиваются. В результате происходит

5. Размер износа в парах трения канат-канатный блок и канат-ведущий шкив

Размер износа, т.е. объем износа – зависит от трения V_{mp} , выполненного в трибосистеме, что, в свою очередь, является следствием силы трения F_{mp} и траектории скольжения S

$$V_{mp} = F_{mp} \cdot S$$

Износ внешних проволок в подъемниках тяговых шкивов обусловлен различными формами относительного движения между канатоведущим шкивом и канатом. В этом контексте Л. Яновский указывает, что как радиальные, так и касательные относительные движения вызывают износ тягового шкива и, следовательно, стального каната в подъемно-транспортных машинах.

Благодаря своей поперечной эластичности и эффективной тяге, канаты ПТМ залегают глубоко в канавках блоков и шкивов. При подъеме и спуске груза, соседние гребни канатов скользят радиально по бокам паза тягового шкива, подрезают седла и подвергаются износу (рис. 2).

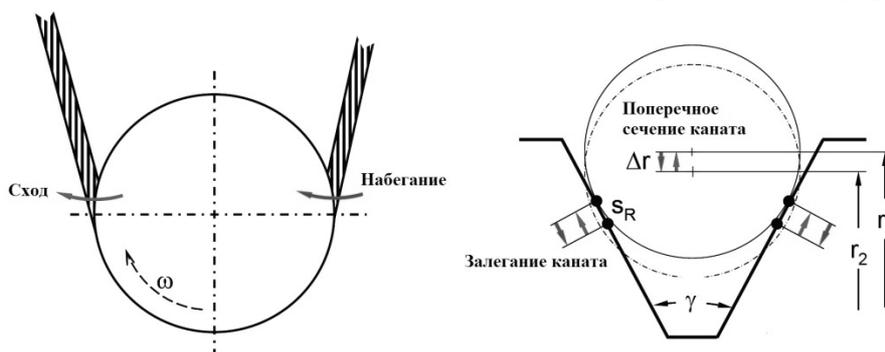


Рис. 2 – Радиальный износ каната во время погрузки и разгрузки на тяговом шкиве с V-образной канавкой

Размер отношения S_1/S_2 является незначительным в процессе радиального скольжения. Длина радиальной скользящей линии S_R на боковой поверхности канавки зависит только от максимальной глубины проникновения Δr поперечного сечения каната, и, следовательно, от максимальной силы, которая возникает

$$S_R = \frac{\Delta r}{\cos \frac{\gamma}{2}}$$

В случае круглых канавок канаты втянуты менее сильно в канавку, а, следовательно, происходит только незначительный радиальный износ. Радиальный износ в V-образной канавке, сопоставим с процессами трения и износа, описанными в работе S. Schönherr [2] на боковом фланце круглых канавок с боковым прогибом каната.

Откуда следует, что радиальный износ происходит только на одной стороне каната, и дополнительно накладывается процессом прокатки, и зависит от следующих факторов: геометрия паза, эластичность каната (глубина проникновения), максимальная сила троса, угловая скорость тягового шкива, смазка, конструкция каната (количество проволок, типа каната).

Износ поверхности, вызванный относительным движением в продольном направлении каната, происходит только в шкивах, где передается тяга. Это может быть вызвано проскальзыванием. Скользящее расстояние S_L , в результате проскальзывания радиуса зависит от разницы между скоростями вращения $r_1 - r_2 = \Delta r$ относительно радиуса разгона r_1 и длиной пройденного кабеля h

$$S_{Lh} = \frac{\Delta r}{r_1} \cdot h$$

Піднімально-транспортні машини

В зависимости от перегрузки тягового шкива – расстояние скольжения S_L

$$S_L = \frac{\Delta r}{r_1} \cdot \pi \cdot r_1 \cdot \frac{\beta}{180^\circ} = \frac{\Delta r \cdot \pi \cdot \beta}{180^\circ}$$

Принудительное проскальзывание, возникающее при наличии нескольких параллельных кабельных стренг, проходящих через общий шкив, сравнимо с проскальзыванием колесного диска. Однако различные радиусы хода определяются различными глубинами канавок.

Если известна разница в радиусах, то расстояние скольжения также можно отрегулировать в соответствии с уравнением:

$$F_T = S_1 - S_2$$

Из которого следует:

$$S_D \approx \frac{S_1 - S_2}{A \cdot E} \cdot \pi \cdot r_1 \cdot \frac{\beta}{180^\circ} = \frac{F_T}{A \cdot E} \cdot \pi \cdot r_1 \cdot \frac{\beta}{180^\circ}$$

В результате возникает зависимость модуля упругости E , площади поперечного сечения A каната, и движущей силы F_T .

Скользящее расстояние определяется разницей между расстоянием между пройденным тяговым шкивом и стальным канатом, с учетом разности хода, вызванной видимым скольжением рабочего колеса и удлиняющим скольжением, т.е. должны быть вычтены из общей разницы.

М. Molkow [3] указывает, из-за различных фрикционных состояний в ходе зацепления каната на тяговом канале нет четкого, численно определенного предела тяги. Это связано с тем, что, как только отношение силы тяги воздействует на приводной шкив, всегда будет проскальзывание колеса и радиальное скольжение. Из-за возникающей, постоянно меняющейся относительной скорости контактных точек на гребнях проволоки, нельзя полагать, что однородный постоянный коэффициент сцепления эффективен по всей петле.

Размер проскальзывания, который характеризуется движением по всей петле, зависит от отношения доступной тяговой мощности к требуемой. Так как фактически действующие коэффициенты трения в точках контакта дополнительно зависят от относительной скорости, и т.д.

$$S_G = f\left(\frac{T_B}{T_K}, V_S\right)$$

В то время как Ф. Хайманс предположил [4], что износ тягового шкива пропорционален работе трения, в публикациях П. Грабнер [5], на основе теоретических и экспериментальных исследований показал, что удельное давление имеет огромное значение на износа шкивов ПТМ. П. Грабнер показывает, что возникающий тяговый момент на шкиве пропорционален произведению ползучести (удлинения скольжения) и удельного давления. Кроме того, исследование, представленное С. Йокотой, [6] в котором рассматриваются как тяговой шкив, так и износ каната, показывает аналогичную взаимосвязь. Формула, описанная С. Йокотой, основана на отношениях износа. Коэффициент износа V определяется в соответствии с этой формулой также из нормальной силы (давления) P и расстояния износа S , где дополнительно учитывается твердость H износостойкого материала и вводится постоянная K_J

$$V = K_J \cdot \frac{P \cdot S}{H}$$

На основе данного теоретического исследования, С. Йокота предполагает, что оптимальный вариант канат/тяговый шкив задается, когда скорость износа обоих компонентов одинакова, так как достигается как тяговый шкив, так и длина каната. Однако это должно быть поставлено под сомнение в отдельных случаях, так как замена тягового шкива в ПТМ может быть значительно сложнее, чем замена канатов. В испытании на износ С. Йокота учитывает только износ из-за удлинения каната S_D , другие показанные относительные движения, которые также способствуют износу каната, не учитываются. Поэтому С. Йокота, вероятно, не классифицировал экспериментальные результаты в теоретические соотношения для проверки подхода.

Выводы

Процесс износа в приводе грузоподъемных машин характеризуются выкрашиванием частиц из стального каната и тягового шкива. Макроскопический износ объединяет в себя износ связанный с веществом взаимодействия и износ связанный с механическими разрушениями.

Все эти виды износа накладываются друг друга, что приводит к тому, что макроскопический износ в тяговой системе становится видимым.

Радиальный износ происходит только на одной стороне каната, и дополнительно накладывается процессом прокатки, а износ поверхности, вызванный относительным движением в продольном направлении каната, происходит только в шкивах, где передается тяга.

Рассмотрение моделей ученых, показывает, что при учете других физических понятий, могут быть разработаны дополнительные гипотезы об износе кантов, блоков и ведущих шкивов.

Список использованных источников:

1. Гаркунов Д. Н. *Триботехника (износ и безыносность)* : учебник / Д. Н. Гаркунов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Изд-во МСХА, 2001. – 616 с.
2. Шенхерр С. Влияние отклонения боковых тросов на срок службы канатов при движении по шкивам / Штутгартский гос. ун-т, 2005.
3. Molkow M. *Die Treibfähigkeit von gehärteten Treibscheiben mit Keilrillen* : diss. / M. Molkow ; Universität Stuttgart. – Stuttgart, 1982.
4. Хайманс Ф. Современный лифт с приводом от шкива / Ф. Хайманс, А. В. Хелборн. – Berlin : Springer Verlag, 1927.
5. Грабнер П. V-образный паз и износ каната в тяговых шкивах с управлением, подъемниками и конвейерами, 1966. – С. 196-201.
6. Йокота С. Износоустойчивость каната и тягового шкива для тяговых подъемников / S. Yokota // *World*. – 1985. – November. – P. 70-74.

References

1. Garkunov, D 2001, *Tribotekhnika (iznos i bezyznosnost)*, 4nd edn, Izd-vo MSKhA, Moskva.
2. Shenkherr, S 2005, *Vliyaniye otkloneniya bokovykh trosov na srok sluzhby kanatov pri dvizhenii po shkivam*, Shtuttgart University. Shtuttgart.
3. Molkow, M 1982, *Die Treibfähigkeit von gehärteten Treibscheiben mit Keilrillen*, Universität Stuttgart, Stuttgart.
4. Khaymans, F & Khelborn, A 1927, *Sovremenny lift s privodom ot shkiva*, Springer Verlag, Berlin.
5. Grabner, P 1966, V-obraznyy paz i iznos kanata v tyagovykh shkivakh s upravleniyem, podyemnikami i konveyerami, pp. 196-201.
6. Yokota, S 1985, *Iznosoustoychivost kanata i tyagovogo shkiva dlya tyagovykh podyemnikov*, *World*, November, pp. 70-74.

Стаття надійшла до редакції 31 травня 2018 р.