

ИЗНАШИВАНИЕ ШАРНИРОВ ТРАНСПОРТНЫХ ЦЕПЕЙ

THE BUSHES WEAR OF CONVEYOR CHAINS

Ass. Prof. Ph.D. Penkov I. and Prof. Ph.D. Pappel T.
Department of Mechatronics, Tallinn University of Technology, Tallinn, Estonia

Abstract: The article discusses the wear of conveyor chains M112-B-100, M160-A-125, and M224-A-160 made of three different companies. It is shown that wear resistance of chains with identical design but made of different materials and different companies is distinguished. The difference of results varies in limits from 50 % to 10 and more times. In this case is recommended at chain use in conveyors, especially in conveyors with big length and working in hard conditions, to study the certificate of chain materials. Here is possible to notice that the hardness of chain material is not the defining parameter for the wear resistance. It is also possible to notice that the absolute value of wear is much lower in chains with rollers than in chains without rollers.

KEYWORDS: WEAR, CHAINS, CONVEYOR, HARDNESS, BUSHES.

1. Введение

В настоящее время в приводах конвейеров и транспортеров широко применяются тяговые втулочные цепи. Рассчитывают такие цепи исходя из прочности валиков пластин, но в инженерной практике выбирают цепь по ее разрушающей нагрузке при определенном запасе прочности.

Жесткость цепи, значение которой необходимо для динамических расчетов, зависит от материала звеньев и цепи в целом, точности изготовления и др. Действительную жесткость можно определить только экспериментально [1]. Ориентировочные данные о общей жесткости системы можно определить на основании аналитических расчетов по формуле

$$c = 2n\xi E \frac{P}{L} \left[\frac{1}{\frac{P}{A} + \frac{a^2}{3J(a+1,5l_0)}} \right], \quad (1)$$

где

n – число ветвей цепи, одновременно участвующих в работе,
 ξ – коэффициент, учитывающий деформацию упругого поверхностного смятия валика и взаимодействующей с ним втулки,

E – модуль упругости материала, Па,

P – шаг цепи, м,

L – длина цепи, м,

A – площадь поперечного сечения пластины, м²,

J – момент инерции сечения валика, м⁴,

a – расстояние между центрами соседних пластин наружного и внутреннего звеньев, м,

l_0 – расстояние между центрами пластин внутреннего звена, м.

Основным критерием работоспособности цепных передач является износ деталей шарниров цепи: валиков, втулок и роликов [2]. Шарниры цепи в основном изнашиваются при угловом повороте звеньев в момент их входа и выхода из зацепления с зубьями звездочек.

Наличие абразивных элементов значительно снижает рабочий ресурс цепи. Транспортные цепи, применяемые в приводах конвейеров, используемых на пилорамах, работают в карине жестких условиях. Основным абразивным элементом является смешанная с песком древесная стружка. Изнашивание цепей приводит к нарушению процесса зацепления. Особенно актуально это для конвейеров большой длины, где небольшой износ отдельных шарниров складывается в значительный суммарный износ цепи. По предельному увеличению шага цепи принимают решение о ее замене [3].

Существует множество компаний, производящих транспортные цепи и звездочки к ним. Цепи изготавливают с роликами (Рис.1, а) и без роликов (Рис.1, б). Звездочки могут быть цельные (Рис.2, а) или собираемые из двух половин

(Рис.2, б, с); с нормальным проемом между зубцами звездочки (Рис.2, а, б) и с удлиненным (Рис.2, с).

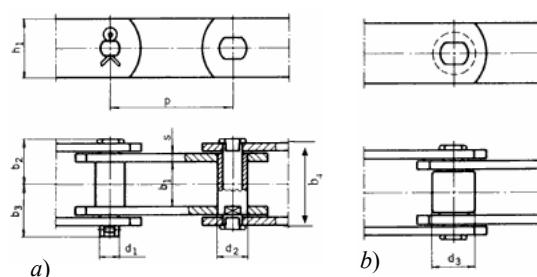


Рис. 1. Типы конвейерных цепей

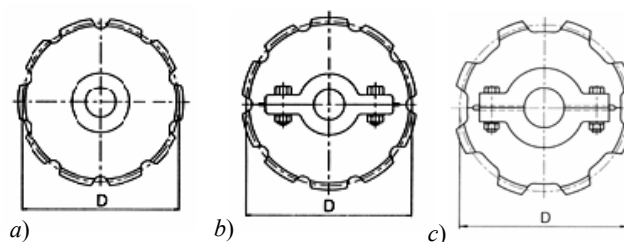


Рис. 2. Типы звездочек для конвейерных цепей

Целью настоящего исследования является сравнение работоспособности транспортных цепей трех различных производителей. Для этого была разработана методика испытаний, построен испытательный стенд и проведены эксперименты. Результаты экспериментов сведены в графики и таблицы.

2. Объект исследования и испытательный стенд

В рамках проведенных исследований испытывались транспортные цепи трех типов:

- 1) M112-B-100 (с самозаходными роликами, шаг цепи $P = 100$ mm, разрушающая нагрузка $F = 112$ kN),
- 2) M160-A-125 (без роликов, шаг цепи $P = 125$ mm, разрушающая нагрузка $F = 160$ kN),
- 3) M224-A-160 (без роликов, шаг цепи $P = 160$ mm, разрушающая нагрузка $F = 224$ kN).

Основной задачей является определение относительного износа цепей трех различных производителей. С целью сохранения конфиденциальности информации исследуемым цепям были присвоены обозначения от 1 до 8. Исследовались также свойства материалов цепей и определялась их твердость. Результаты представлены в таблице 1.

Для проведения экспериментов была спроектирована и построена испытательная установка, принципиальная схема которой представлена на рисунке 3.

Таблица 1. Твердость материалов цепей

Номер цепи	Тип цепи	Твердость HBW
1	M112-B-100	161
2	M112-B-100	283
3	M112-B-100	257
4	M160-A-125	179
5	M160-A-125	174
6	M160-A-125	257
7	M224-A-160	179
8	M224-A-160	248

Вал 1 получает вращение от электродвигателя 2 посредством муфты 3. На валу крепятся звездочки 4а, 4б и 4с для цепей M112-B-100, M160-A-125 и M224-A-160 соответственно. Цепи 5а, 5б и 5с состояются из двух или трех частей длиной ~ 1,3 м ... 2 м. Натяжение цепей производится при помощи осей 6 и пакета тарельчатых пружин 7. Из бункера 8 на лоточки 9, расположенные в зонах I и II подается абразивный материал (песок или стружка с песком).

Выбранная схема расположения позволяет одновременно проводить испытания всех цепей, причем цепи одного типа, установленные последовательно друг за другом, в процессе испытаний работают в одинаковых условиях. Это позволяет повысить достоверность результатов относительного износа деталей шарниров.

Испытания проводились при относительно тяжелом режиме работы цепей: сила предварительного натяжения $F = 20 \text{ kN}$, линейная скорость цепи 4 м/с.

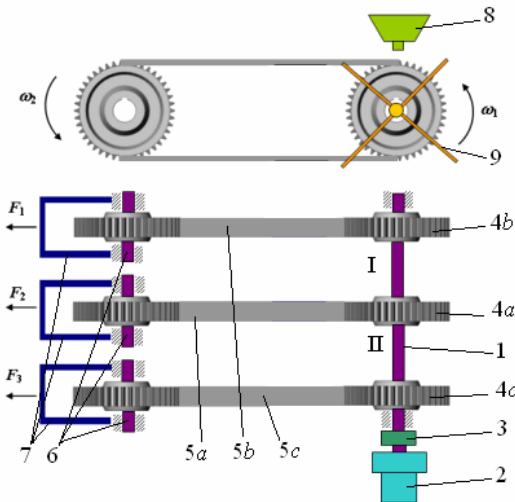


Рис. 3. Принципиальная схема стенда для испытаний

3. Результаты испытаний и их анализ

В процессе испытаний производились измерения зазоров в шарнирах и изменения шага цепи. С целью обеспечения сравнимости результатов перерасчет производился по следующей схеме: суммарное изменение шага рассчитывалось для 10 звеньев, изменение шагов внутренних и наружных звеньев определялось для 5 звеньев. Результаты представлены на графиках (Рис. 4 – Рис. 9).

Цепь M112-B-100 состоит из трех участков по 12 ... 13 звеньев в каждом. Эта цепь имеет ролики, что существенно снижает степень износа элементов шарниров. Более плавное вхождение звеньев цепи в зацепление с зубьями звездочки также оказывает благоприятное влияние на работоспособность передачи.

Результаты измерений изменения шага цепи показаны на рисунке 4. Из графиков видно, что износ цепей одинаковой конструкции, но разных производителей, различен. Причем твердость материала решающим фактором не является.

Наиболее работоспособной является цепь № 3. Суммарный износ ее звеньев примерно в 8 раз меньше износа цепей 1 и 2. Износ последних двух цепей практически одинаков. Для всех трех цепей характерно, что износ наружных звеньев более интенсивен, нежели внутренних. Это согласуется с известными утверждениями [4, 5].

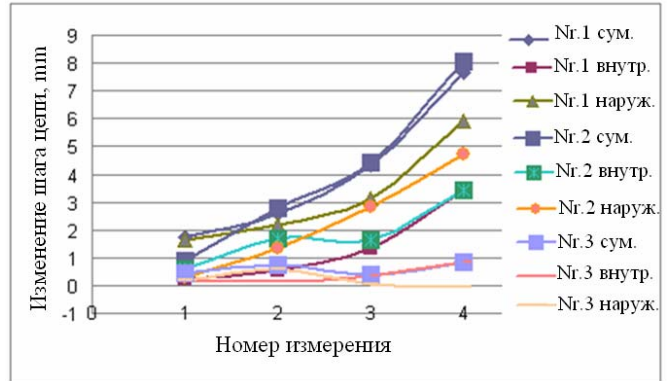


Рис. 4. Износ цепи M112-B-100

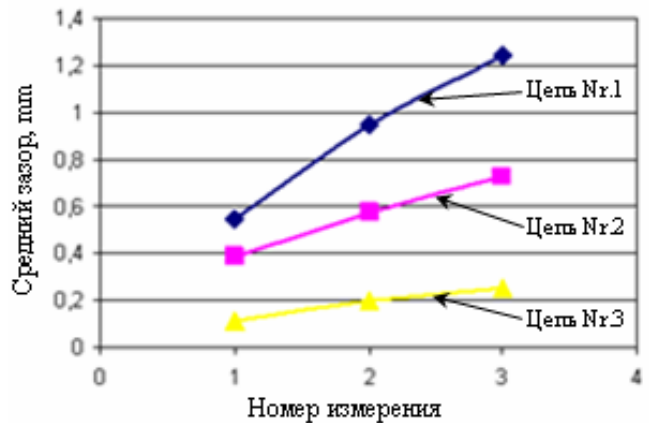


Рис. 5. Зазор в шарнирах цепи M112-B-100

Производились также измерения зазоров в шарнирах цепей. Результаты представлены на рисунке 5. Здесь также наименьший износ наблюдается для цепи 3 и наибольший для цепи 1. В процессе проведения испытаний зазоры в шарнирах цепи 3 увеличились на 60 %, у цепи 2 на 90 %, а у цепи 1 в 1,3 раза. Зазоры в шарнирах наиболее и наименее надежных цепей отличаются в 6 раз.

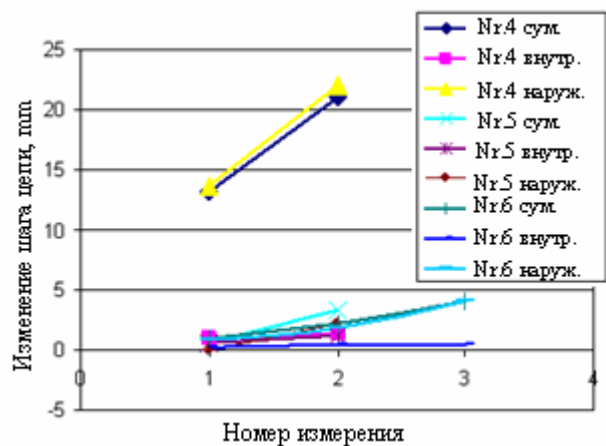


Рис. 6. Износ цепи M160-A-125

Цепь M160-A-125 составлялась также из трех участков по 10 ... 11 звеньев. Результаты измерений показаны на рисунке 6.

Из графиков видно, что износ цепи 4 более чем в 10 раз превышает износ цепей 5 и 6. Причем столь значительная разница обусловлена износом только наружных звеньев цепи. Износ внутренних звеньев соизмерим с износом цепей 5 и 6.

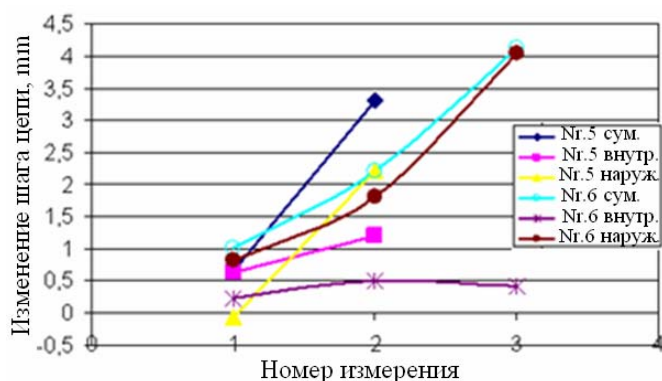


Рис. 7. Износ цепи M160-A-125, Nr. 5 и 6

Износ последних двух цепей столь близок, что для обеспечения сравнимости результатов необходимо эти величины рассмотреть более подробно (Рис. 7). Из рисунка видно, что износ цепи 5 более интенсивен и превышает износ цепи 6 примерно на 50 %. Здесь также наблюдается более интенсивный износ наружных звеньев, нежели внутренних. Для цепи 5 эта разница составляет ~ 80 %, а для цепи 6 примерно 2,6 раза.

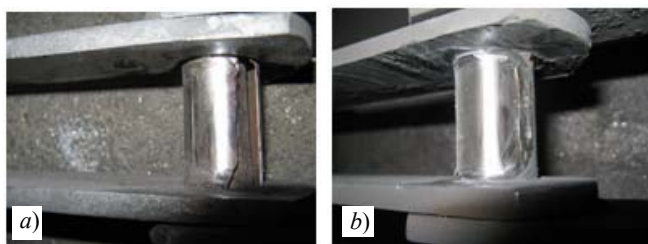


Рис. 8. Износ втулок цепи M160-A-125
a) – цепь Nr. 4, b) – цепь Nr. 5

Износ втулок цепи M160-A-125 иллюстрирует рисунок 8. Видно, что втулки цепи 4 изношены значительно больше и уже к моменту проведения второго измерения находились в состоянии, исключающем их дальнейшее использование.

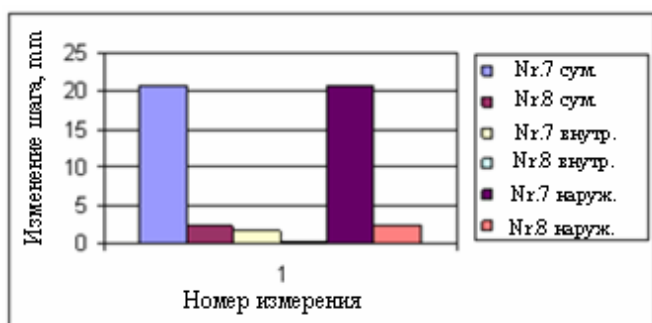


Рис. 9. Износ цепи M224-A-160

Цепь M224-A-160 составлялась из двух участков по 12 ... 13 звеньев. Результаты измерений представлены на рисунке 9.

Видно, что износ цепи 7 существенно больше (более чем в 10 раз) износа цепи 8. Разница между износом наружных и внутренних звеньев составляет 2,5 раза для цепи 8 и 10 раз для цепи 7.

Столь значительные различия износа цепей обусловлены в первую очередь износом втулок цепи 7. Это иллюстрирует рисунок 10.

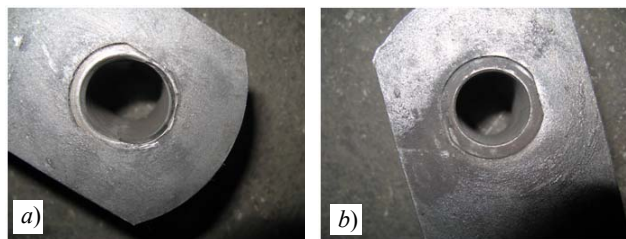


Рис. 10. Износ втулок цепи M224-A-160
a) – цепь Nr. 7, b) – цепь Nr. 8

4. Заключение

Экспериментально изучен износ шарниров транспортных цепей M112-B-100, M160-A-125 и M224-A-160 трех различных производителей. Рассмотрен как суммарный износ цепи, так и отдельно износ наружных и внутренних звеньев. Исследованы свойства материалов звеньев цепей и их связь с износостойкостью цепи. Как результат можно отметить, что с точки зрения и износостойкости твердость материала звена не является определяющим параметром.

В случае цепей с самозаходными роликами абсолютная величина износа значительно ниже, нежели в цепях без роликов. Для получения сравнимых результатов необходимо более длительное проведение экспериментов, либо работа цепей при более жестких условиях.

В работе показано, что износостойкость цепей одинаковой конструкции, но изготовленных из разных материалов и разными производителями, различен. Разброс результатов варьирует в пределах от 50 % до 10 и более раз. В этом случае рекомендуется при использовании цепи в конвейерах, особенно в конвейерах большой длины и работающих в жестких условиях, внимательно изучить сертификат материалов цепи.

5. Литература

1. Вайнсон А.А. Подъемно-транспортные машины. М. Машиностроение, 1989.
2. Готовцев А.А., Котенок И.П. Проектирование цепных передач: Справочник. М. Машиностроение, 1982.
3. Воробьев Н.В. Цепные передачи. М. Машиностроение, 1968.
4. Петрик А.А., Метильков С.А., Пунтус А.В., Бережной С.Б. Проектирование открытых цепных передач. Краснодар: КубГТУ, 2002.
5. Метильков С.А., Юнин В.В. Влияние изнашивания приводной роликовой цепи на работоспособность передачи. Вестник машиностроения. Nr. 8, 2008.