

а ударная вязкость на 40-60% превышают соответствующие значения для стали ОсЛ).

ЛИТЕРАТУРА

1. Василенок В.Д., Романчак В.М. Расчет двухопорных валов с зубчатыми колесами на подшипниках качения. Методические указания для студентов технических вузов, Минск, Белорусский политехнический институт, 1989,-44 с.
2. Валы и оси. Конструирование и расчет. / Серенсен С. В.,-М., Машиностроение, 1970, - 320 с.
3. Перель Л.Я. Подшипники качения: Расчет проектирование и обслуживание опор. Справочник.- М.. Машиностроение.1983,-543 с.

УДК 621.855

ДЕМОНСТРАЦИЯ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОСТУПАТЕЛЬНОЙ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ЦЕПИ В ЦЕПНОЙ ПЕРЕДАЧЕ

Сашко К.В., к.т.н., доц. *БНТУ*.
Основин В.Н. к.т.н., доц. *БГАТУ*
Основина Л.Г. к.т.н., доц. *БГУИР*

DEMONSTRATION IN THE EDUCATION PROCESS OF CHANGING THE TRANSLATION SPEED OF CHAIN IN A CHAIN DRIVE

Sashko K.V., Associate Professor, BNTU.
Osnovin V.N., Associate Professor, BSATU.
Osnovin L.G., Associate Professor, BSATU.

Аннотация: Экспериментальные наблюдения показывают, что основной причиной выхода из строя цепных передач являются динамические нагрузки вызываемые неравномерностью движения цепи. Разработаны учебный прибор для демонстрации изменения поступательной скорости и ускорения движения цепи в цепной передаче и методика проведения лабораторной работы.

Ключевые слова: цепная передача, скорость движения, учебный прибор.

Abstract: Experimental observations show that the main reason for the failure of chain movement. A training device has been developed to demonstrate changes

in translational velocity and acceleration of chain movement in a chain transmission and a methodology for conducting laboratory work.

Kew words: chain transmission, movement speed, educational process.

Теоретическое обоснование

Динамические нагрузки в цепной передаче вызываются неравномерностью движения цепи и ведомой звездочки, технологическими погрешностями, допущенными при изготовлении и монтаже цепи и звездочек. На динамику цепных передач неблагоприятно влияет относительное удлинение цепи в результате изнашивания ее шарнирных соединений. Длина ведущей ветви цепной передачи изменяется также вследствие радиальных биений валов и зубчатых венцов, а также наличия зазоров между ступицей звездочки и валом. В связи с этим погрешности изготовления и монтажа цепных передач должны быть в пределах допускаемых значений.

Экспериментальные наблюдения показывают, что основными причинами выхода из строя цепных передач являются:

1. Износ шарниров (за счет ударов при вхождении цепи в зацепление с зубьями звездочки и из-за изнашивания их от трения), приводящий к удлинению цепи и нарушению ее зацепления со звездочками (основной критерий работоспособности для большинства передач). Граничное удлинение цепи по причине износа шарниров не должно превышать 3%, так как нарушается правильность зацепления шарниров цепи и зубьев.

2. Усталостное разрушение пластин по проушинам основной критерий для быстроходных тяжелонагруженных роликовых цепей, работающих в закрытых картерах с хорошим смазыванием.

3. Проворачивание валиков и втулок в пластинах в местах запрессовки - распространенная причина выхода из строя цепей, связанная с недостаточно высоким качеством изготовления.

4. Выкрашивание и разрушение роликов.

5. Достижение предельного провисания холостой ветви один из критериев для передач с нерегулируемым межосевым расстоянием, работающих при отсутствии натяжных устройств и стесненных габаритах.

6. Износ зубьев звездочек.

В соответствии с приведенными причинами выхода цепных передач из строя можно сделать вывод о том, что срок службы передачи чаще всего ограничивается долговечностью цепи.

Долговечность же цепи в первую очередь зависит от износостойкости шарниров.

Из-за пульсирующего характера изменения расстояния от центра вращения звездочки до продольной оси цепи (рис.1) цепь имеет неравномерную скорость движения, что ведет к появлению динамических сил, которые увеличиваются с ростом шага цепи, движущейся массы цепи, уменьшением числа зубьев приводной звездочки.

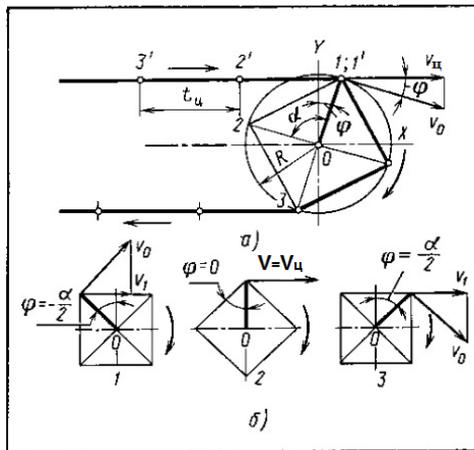


Рис. 1 – Схема движения цепи со звездочкой

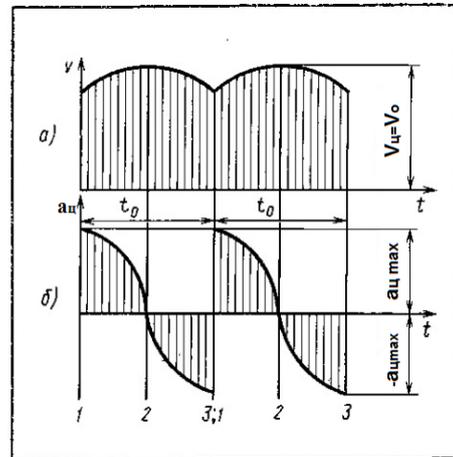


Рис. 2 – Диаграмма изменения скорости движения и ускорения цепи

Эти силы не только увеличивают нагрузку в тяговом органе, но и вызывают в цепи усталостные явления. При скоростях до 0,2 м/с динамические силы можно не учитывать. При постоянной угловой скорости ω приводной звездочки ее окружная скорость также постоянна и равна:

$$V_0 = \omega \frac{D}{2}, \quad (1)$$

а горизонтальная скорость цепи (рис. 2) изменяется по закону

$$V_u = \omega \frac{D}{2} \cos \varphi, \quad (2)$$

где D – диаметр делительной окружности звездочки.

Ускорение цепи

$$\alpha_u = \frac{dV_u}{dt} = -\frac{\omega D}{2} \sin \varphi \frac{d\varphi}{dt} = -\omega^2 \frac{D}{2} \sin \varphi; \quad (3)$$

отношение

$$\frac{d\varphi}{dt} = \omega. \quad (4)$$

Здесь значение угла φ изменяется в пределах от $-\frac{\alpha_0}{2}$, что соответствует моменту входа в зацепление шарнира, до угла $\varphi = \frac{\alpha_0}{2}$ – момента входа в зацепление следующего шарнира.

Максимальное ускорение возникает при $\varphi = \pm \frac{\alpha_0}{2}$

$$\alpha_{\text{цmax}} = \pm \omega^2 \frac{D}{2} \sin \frac{\alpha_0}{2}. \quad (5)$$

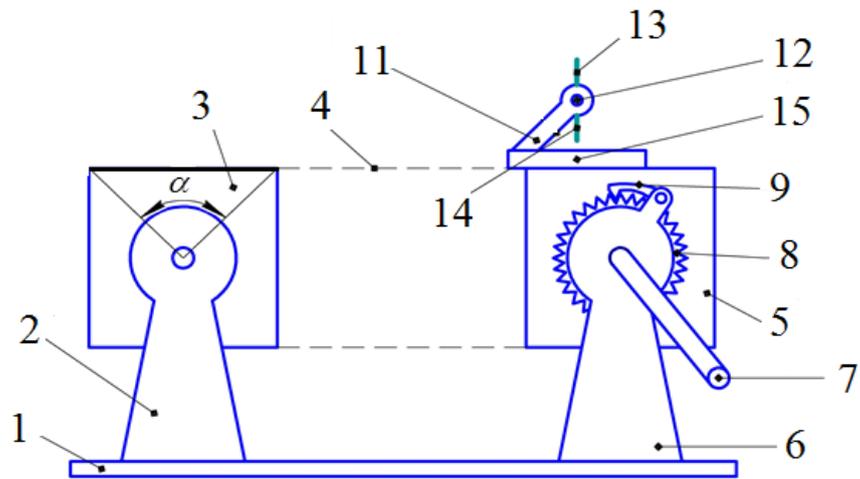
Когда зуб входит в соприкосновение с шарниром цепи, то ускорение мгновенно возрастает от $-\alpha_{\text{цmin}}$ до $+\alpha_{\text{цmax}}$ (рис. 2).

Описание экспериментальной установки

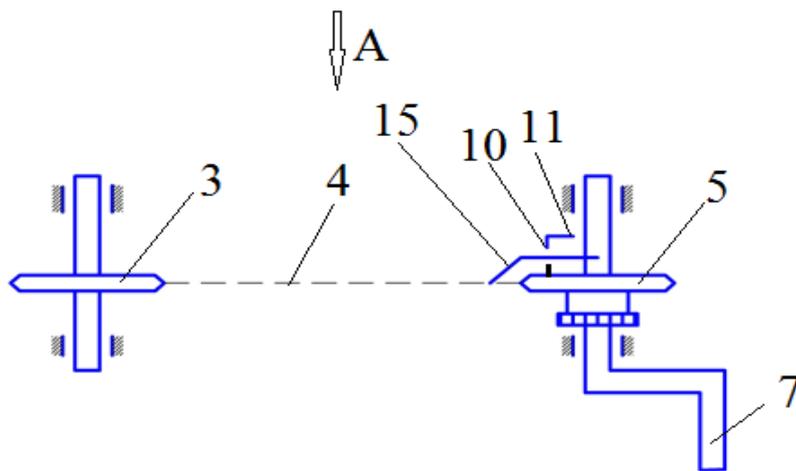
На рис. 3 схематично изображен учебный прибор для демонстрации изменения скорости движения цепи в цепной передаче (вид сбоку – рис. 3, а; вид сверху – рис. 3, б).

Учебный прибор для демонстрации изменения поступательной скорости движения цепи в цепной передаче состоит из рамы 1, на которой установлена опора 2 ведомой звездочки 3 с четырьмя зубьями, соединенной цепью 4 с ведущей звездочкой 5, имеющей также четыре зуба, установленной на опоре би приводимой во вращение рукояткой 7. Для фиксации угла поворота ведущей звездочки 5 к ее торцу прикреплена звездочка 8 храпового останова, а его собачка 9 закреплена на опоре 6 ведущей звездочки 5, кроме того посередине зуба на диаметре делительной окружности ведущей звездочки 5 по касательной к делительной окружности на кронштейне 10 закреплена стрелка 11 со шкалой, указывающая направление окружной скорости ведущей звездочки 5. На острие стрелки 11 на оси 12 с возможностью поворота установлен двухсторонний отвес, у которого верхний участок 13 выполнен из тонкой стальной проволоки, а нижний 14 – из тонкой стальной пластины, имеющей значительно больший вес, чем тонкая стальная проволока, что обеспечивает строго вертикальное положение двухстороннего отвеса, а к звену цепи 4, подходящему к зубу ведущей звездочки 5, прикреплена линейка 15 со шкалой. Направление линейки 15 совпадает с направлением

движения цепи 4 и по ней определяют горизонтальные проекции l_1, l_2, l_3 и т.д. стрелки 11, которые умножают на масштаб μ для определения поступательной скорости $V_{ц}$ цепи.



a



б

Рис. 3 – Учебный прибор для демонстрации изменения поступательной скорости движения цепи в цепной передаче

1 – рама; 2 – опора; 3 – ведомая звездочка; 4 – цепь; 5 – ведущая звездочка; 6 – опора; 7 – рукоятка; 8 – звездочка храпового останова; 9 – собачка; 10 – кронштейн; 11 – стрелка; 12 – ось; 13 – верхний участок отвеса; 14 – нижний участок отвеса; 15 – линейка

Порядок проведения работы

Учебный прибор для демонстрации изменения поступательной скорости движения цепи в пределах центрального угла $\alpha = 90^\circ$ в цепных передачах работает следующим образом:

1. Предварительно измеряют расстояние между осями звездочек L_1 , шаг цепи $t_{ц}$ и данные вносят в таблицу 1.

Таблица 1

Замеряемые значения

Наименование	Параметры	Значения
Расстояние между осями звездочек, мм	L	290
Шаг цепи, мм	$t_{ц}$	150
Длина стрелки 11, мм	l	120

2. По заданной преподавателем окружной скорости ведущей звездочки V_0 (например, $V_0=1.2$ м/с) определяют масштаб шкалы стрелки 11 по формуле

$$\mu = V_0 / l = \frac{1.2}{120} = 0.01 \frac{\text{м} / \text{с}}{\text{мм}} = 10 \frac{\text{мм} / \text{с}}{\text{мм}}$$

где l – длина шкалы стрелки 11.

Горизонтальная проекция окружной скорости (ГПОС)

$$V_{ц} = V_0 \cos \varphi$$

3. Определяют диаметр звездочки

$$D = \frac{t_{ц}}{\sin \frac{180}{z}} = \frac{150}{\sin 45} = 211.3 \text{ мм},$$

где z – число зубьев звездочки.

4. С помощью рукоятки 7 устанавливают ведущую звездочку 5 в положение, соответствующее входу зуба ведущей звездочки 5 в зацепление с цепью 4. В этот момент с помощью нижнего 14 участка двухстороннего отвеса по шкале линейки 15 фиксируют горизонтальную проекцию l_1 стрелки 11. Последовательно поворачивая рукояткой 7 ведущую звездочку на угол $\varphi = 15^\circ$, фиксируют горизонтальные проекции l_2, l_3 и т. д. стрелки 11. Когда зуб ведущей звездочки 5 займет вертикальное положение, поступательная скорость $V_{ц}$ цепи 4 будет равна окружной скорости V_0 ведущей звездочки 5, а стрелка 11 займет горизонтальное положение. При дальнейшем последовательном повороте ведущей звездочки 5 горизонтальная проекция стрелки 11 будет фиксироваться верхним 13 участком двухстороннего отвеса.

5. Для определения поступательной скорости $V_{ц}$ цепи 4горизонтальные проекции l_1, l_2, l_3 и т. д. стрелки 11 умножают на масштаб μ и данные вносят в таблицу 2.

6. Определяют ускорение цепи по формуле

$$\alpha_{ц} = -\frac{2V_o^2}{D} \sin \varphi .$$

Полученные данные вносят в таблицу 2.

Таблица 2

Расчетные данные

Величина угла φ , град	-45	-30	-15	0	15	30	45
Длины горизонтальных проекций стрелки 11, мм	85,2	103,2	115,2	120	115,2	103,2	85,2
ГПОС $V_{ц}$, мм/с	7,1	8,6	9,6	10	9,6	8,6	7,1
Ускорение цепи $\alpha_{ц}$, мм ² /с	91,8	64,6	33,6	0	-33,6	-64,6	-91,8

7. Строят диаграмму изменения скорости движения и ускорения цепи.

Таким образом, учебный прибор позволяет демонстрировать изменение поступательной скорости движения цепи в цепной передаче в зависимости от угла поворота ведущей звездочки 5.

ЛИТЕРАТУРА

1. Детали машин. Теория и расчет: учебно-методическое пособие / Скойбеда А.Т., и др. Минск: БГАТУ, 2014. – 372 с.

2. Учебный прибор для демонстрации изменения поступательной скорости движения цепи в цепном транспортере: патент 21682 С2 Респ. Беларусь, МПК G 09В 23/08 / Н.Н. Романюк (ВУ), К.В. Сашко (ВУ), П.В. Клавсуть (ВУ), А.Н. Демиденко (ВУ); заявитель Беларус. Гос. Аграр. техн. ун-т. – № а20131436; заявл. 04.12.2013; опубл. 28.02.2018 // Официальный бюл. / Нац. Центр интеллектуальной собственности. – 2018. - № 1. – С.154.

Аннотация

Демонстрация в учебном процессе изменения поступательной скорости движения цепи в цепной передаче

Сашко К.В., к.т.н., доц. *БНТУ*.

Основин В.Н. к.т.н., доц. *БГАТУ*

Основина Л.Г. к.т.н., доц. *БГАТУ*

Из-за пульсирующего характера изменения расстояния от центра вращения звездочки до продольной оси цепи цепь имеет неравномерную скорость движения, что ведет к появлению динамических сил, которые увеличиваются с ростом шага цепи, движущихся масс груза и цепи с настилом, уменьшением числа зубьев приводной звездочки.

Учебный прибор для демонстрации изменения поступательной скорости движения цепи в цепных передачах, состоящий из рамы, на которой установлена опора ведомой звездочки с четырьмя зубьями, соединенной цепью с ведущей звездочкой, имеющей четыре зуба, установленной на опоре и приводимой во вращение рукояткой, где для фиксации угла поворота ведущей звездочки к ее торцу прикреплена звездочка храпового останова, а его собачка закреплена на опоре ведущей звездочки, кроме того посередине зуба на диаметре делительной окружности ведущей звездочки по касательной к делительной окружности на кронштейне закреплена стрелка со шкалой, указывающая направление окружной скорости ведущей звездочки, причем на острие стрелки на оси с возможностью поворота установлен двухсторонний отвес у которого верхний участок выполнен из тонкой стальной проволоки, а нижний – из тонкой стальной пластины, имеющей значительно больший вес, чем тонкая стальная проволока, что обеспечивает строго вертикальное положение двухстороннего отвеса, а к звену цепи, подходящему к зубу ведущей звездочки прикреплена линейка со шкалой, направление линейки совпадает с направлением движения цепи.

Таким образом, учебный прибор позволяет демонстрировать изменение поступательной скорости движения цепи в цепных транспортерах в зависимости от угла поворота ведущей звездочки.

Annotation

Demonstration in the educational process of changing the translational speed of the chain in a chain transmission

Sashko K.V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, BNTU.

Osnovin V.N. Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, BSATU.

Osnovin L.G. Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, BSATU.

Due to the pulsating nature of the change in the distance from the center of rotation of the sprocket to the longitudinal axis of the chain, the chain has an uneven speed of movement, which leads to the appearance of dynamic forces that increase with the growth of the chain pitch, the moving masses of the load and the chain with the flooring, a decrease in the number of teeth of the drive sprocket.

A training device for demonstrating the change in the translational speed of the chain in chain gears, consisting of a frame on which the support of a driven sprocket with four teeth is mounted, connected by a chain to a leading sprocket with four teeth, mounted on a support and rotated by a handle, where a ratchet stop sprocket is attached to its end to fix the angle of rotation of the leading sprocket, and his doggie is fixed on the support of the leading sprocket, in addition, in the middle of the tooth on the diameter of the dividing circle of the leading sprocket tangentially to the dividing circle, an arrow with a scale indicating the direction of the circumferential velocity of the leading sprocket is fixed on the bracket, and a two-sided plumb line is installed on the tip of the arrow on the axis with the possibility of rotation, in which the upper section is made of thin steel wire, and the lower one – made of a thin steel plate having significantly more weight than a thin steel wire, which ensures a strictly vertical position of the double-sided plumb line, and a ruler with a scale is attached to the chain link that fits the tooth of the leading sprocket, the direction of the ruler coincides with the direction of movement of the chain.

Thus, the training device allows you to demonstrate the change in the translational speed of the chain in chain conveyors, depending on the angle of rotation of the leading sprocket.