

УДК 378.14

**ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ТЕМЫ  
«ЦЕПНЫЕ ПЕРЕДАЧИ» КУРСА «ДЕТАЛИ МАШИН»**

**К.В. Сашко, к.т.н., доцент, Н.Н. Романюк, к.т.н., доцент,  
П.В. Клавсуть, А.Н. Демиденко**

*УО «Белорусский государственный аграрный технический  
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

*В статье рассматривается изучение материала темы «Ценные передачи» курса «Детали машин». Предложена лабораторная установка, позволяющая демонстрировать изменение поступательной скорости движения цепи в приводах в зависимости от угла поворота ведущей звездочки.*

**Введение**

В вводной части излагаемого материала темы «Ценные передачи» курса «Детали машин» необходимо привести примеры использования данных передач в приводах сельскохозяйственных машин.

Применение современной мультимедийной техники позволяет показать образцы цепей, роликовых, зубчатых, крючковых, штыревых, отметить основные параметры цепи, продемонстрировать положение цепи на звездочках, попутно остановиться на конструкции и их материале; подчеркнуть, что шаг у звездочек измеряется по хорде делительной окружности.

При работе ценной передачи происходит возрастающий износ шарниров, приводящий к увеличению шага цепи и смещению ее к вершинам зубьев. Увеличение шага не компенсируется укорочением цепи, раздвижкой осей или введением натяжного ролика, цепь все равно будет располагаться все ближе и ближе к вершинам зубьев и, в конечном итоге, она будет соскакивать со звездочек. Продолжать эксплуатацию такой цепи нельзя, это создает повышенную опасность.

Для уменьшения износа шарниров рекомендуется частая смена смазки. Для цепей, работающих в абразивной среде, такая рекомендация оказывается спорной, так как введение новой смазки сопровождается поступлением и нового абразива, в результате износ не только не уменьшается, но даже увеличивается. В связи с этим ищутся способы длительного сохранения смазки в шарнирах, обеспечение надежных уплотнителей. Для совершенствования конструкций цепных передач применяются материалы повышенной износостойкости для шарниров и звездочек, с обработкой

поверхностей трения антифрикционными средствами; предусматриваются автоматические способы регулирования оптимального натяжения цепи, в систему привода вводятся амортизирующие устройства, снижающие динамические нагрузки. В стационарных приводах, цепи помещаются в закрытый корпус, надежно защищающий ее от попадания абразива.

В сельскохозяйственном производстве перечисленные способы примеры трудно выполнимы, поэтому особое внимание необходимо обратить на подбор смазки со специальными присадками, снижающими износ шарниров.

### **Основная часть**

При постоянной угловой скорости приводной звездочки, скорость движения цепи не остается постоянной, она периодически изменяется (пульсирует) по определенному кинематическому закону. Длительность периодов неравномерности движения цепи равна времени поворота приводной звездочки на центральный угол, соответствующий одному звену цепи.

Неравномерность движения цепи обуславливает возникновение в ней динамических усилий, тем больше по величине, чем больше ее ускорение при пульсирующем движении. Динамические силы не только увеличивают общую действующую на цепь продольную силу, но и вследствие многократности, действия вызывают в цепях усталостные явления. Определив динамические силы, можно более точно рассчитать размеры приводных цепей.

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

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

$$V = \omega(D / 2),$$

а горизонтальная скорость цепи (рисунок 1, б), изменяется по закону:

$$v_{ц} = \omega(D / 2) \cos \varphi,$$

где D- диаметр делительной окружности звездочки.

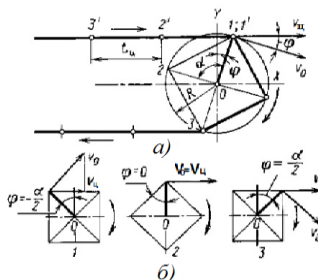


Рисунок 1 – Схема движения цепи по звездочке  
 Диаграмма изменения скорости цепи представлена на рисунок 2, а.  
 Ускорение цепи

$$\alpha_{ц} = \frac{dv_{ц}}{dt} = -\omega \frac{D}{2} \sin\varphi \frac{d\varphi}{dt} = -\omega^2 \frac{D}{2} \cos\varphi$$

Здесь значение угла  $\varphi$  изменяется в пределах от  $-\alpha_0/2$ , что соответствует моменту входа в зацепление шарнира, до угла  $\varphi = \alpha_0/2$  (рисунок 1, б), момента входа в зацепление следующего шарнира.

Максимальное ускорение, возникающее при  $\varphi = \pm\alpha_0/2$ :

$$\alpha_{ц\max} = \pm\omega^2 \frac{D}{2} \sin \frac{\alpha_2}{2}$$

Когда зуб входит в соприкосновение с шарниром цепи, то ускорение мгновенно возрастает от  $-\alpha_{ц\min}$  до  $+\alpha_{ц\max}$  (рисунок 2) и динамическая сила в этот момент равна

$$F_{дс} = 2m\alpha_{ц\max}$$

где  $m$  – приведенная масса цепи.

Изменение натяжения, вызываемое мгновенно приложенной нагрузкой, принимают равным натяжению от двойной динамической силы.

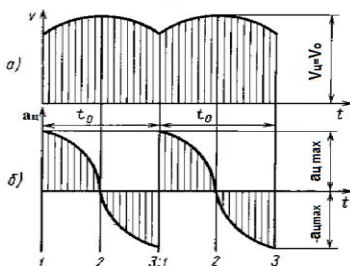


Рисунок 2 – Диаграммы скорости и ускорения цепи

Для демонстрации изменения скорости и ускорения в цепи при ее работе на кафедре механики материалов и деталей машин БГАТУ разработана лабораторная установка.

На рисунке 3, *а* схематично изображена лабораторная установка для демонстрации изменения скорости движения приводной цепи, вид сбоку; на рисунке 3, *б* – вид сверху.

Лабораторная установка 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 6 и 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 по середине 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.

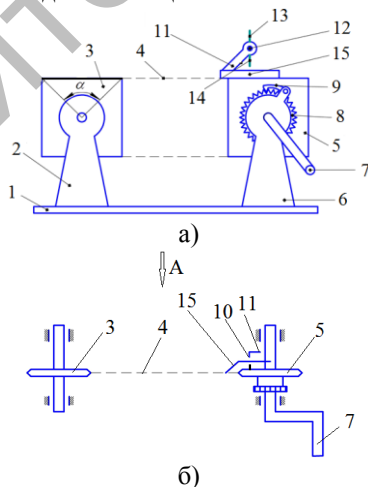


Рисунок 3 – Лабораторная установка для демонстрации изменения скорости движения приводной цепи

Для демонстрации изменения поступательной скорости движения цепи в пределах центрального угла  $\alpha = 90^\circ$ , предварительно по заданной преподавателем окружной скорости ведущей звездочки  $V_0$  определяют масштаб шкалы стрелки 11 по формуле:

$$\mu = V_0 / l,$$

где  $l$  – длина шкалы стрелки 11.

Масштаб шкалы линейки 15 и шкалы стрелки 11 должны быть равными.

Замеряют расстояние между осями звездочек  $A$ , делительный диаметр звездочек  $D_1$ , вес 1 м цепи, данные заносят в таблицу.

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 определенный угол (например,  $\varphi = 15^\circ$ ) 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  $V$  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.

Для определения поступательной скорости  $V_{ц}$  цепи 4 горизонтальные проекции  $l_1, l_2, l_3$  и т.д. стрелки 11 умножают на масштаб  $\mu$  и строят зависимость изменения поступательной скорости  $V_{ц}$  цепи 4 от угла поворота  $\varphi$  ведущей звездочки 5.

### Заключение

Предложенная лабораторная установка позволяет демонстрировать изменение поступательной скорости движения цепи в приводах в зависимости от угла поворота ведущей звездочки, что дает возможность студентам более глубоко осознать и изучить тему «Цепные передачи».

### Литература

1. Иосилевич, Г.Б. Детали машин: Учебник для студентов машиностроит. спец. вузов. / Г.Б. Иосилевич. - М.: Машиностроение, 1988. - 368с: ил.

***Abstract***

*The article deals with the study material theme "Securities transfer" course "Machine parts". Proposed laboratory facility, which allows to demonstrate the change of forward speed of the chain drives, depending on the angle of rotation of the drive sprocket.*