

ПЛАН ЗАНЯТИЯ

Дата **21.11.2022** Группа: ХКМ 3

Дисциплина: Техническая механика

Специальность: 15.02.06 «Монтаж и техническая эксплуатация холодильно-компрессорных машин и установок (по отраслям)»

Тема занятия: Цепные передачи

Цель занятия:

- *методическая* - совершенствование методики проведения лекционного занятия;

- *учебная* - развивать: умение самостоятельно работать с дидактическими материалами, создавать целостную картину новых понятий по ее частным понятиям; любознательность, наблюдательность, сообразительность; образное мышление и технический кругозор, в т.ч. с упором на жизненный практический опыт; формирование пространственного представления.

- *воспитательная* - воспитывать культуру общения (в том числе с использованием специальной терминологии), усидчивость, внимательность, графические и аналитические способности.

Вид занятия: Лекция

Вид лекции: Лекция – усвоение новых знаний

Форма проведения занятия: Объяснительно - иллюстративная с использованием модели передач, применяемых в машиностроении.

Межпредметные связи:

Обеспечивающие: Материаловедение, Инженерная графика

Обеспечиваемые: Управление обслуживанием ХО и К, дипломное проектирование

Рекомендуемая литература

Основная литература:

1. Никитин Е.М. Теоретическая механика для техникумов. М.: Высшая школа, 2014
2. Олофинская В.П. Техническая механика. Сборник тестовых заданий. – Москва, Форум, Инфра М, 2014.
3. Аркуша А.И. Техническая механика. – Москва, Высшая школа, 2012.

Дополнительная литература:

1. Аркуша А.И. Руководство к решению задач по теоретической механике. - М.: Высшая школа, 2012.

<https://www.youtube.com/watch?v=qDU7ly6Ku9o> Цепные передачи

<https://www.youtube.com/watch?v=9qX3KmqnPmE> Цепные передачи

Тема: Цепные передачи

1. Общие сведения.
2. Приводные цепи.
3. Особенности работы цепных передач.
4. Звездочки.
5. Силы в ветвях цепи.
6. Характер и причины отказов цепных передач.

1. Общие сведения

Цепную передачу (рис.1) относят к передачам зацеплением с гибкой связью. Движение передает шарнирная цепь 1, охватывающая ведущую 2 и ведомую 3 звездочки и зацепляющаяся за их зубья.

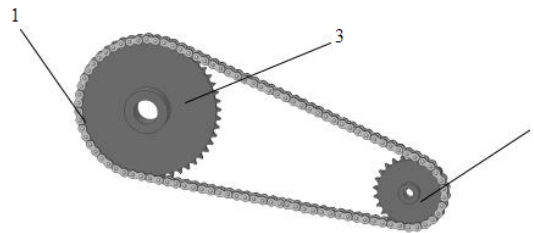


Рисунок 1 – Цепная передача

Цепные передачи выполняют как понижающими, так и повышающими.

Достоинства цепных передач:

- по сравнению с зубчатыми передачами цепные передачи могут передавать движение между валами при значительных межосевых расстояниях (до 5 м);
- по сравнению с ременными передачами цепные более компактные, передают большие мощности, имеют возможность применения в значительном диапазоне межосевых расстояний, требуют значительно меньшей силы предварительного натяжения, обеспечивают постоянство передаточного числа (отсутствует скольжение и буксование), обладают высоким КПД;
- могут передавать движение одной цепью нескольким ведомым звездочкам.

Недостатки цепных передач:

-значительный шум при работе вследствие удара звена цепи о зуб звездочки при входе в зацепление, особенно при малых числах зубьев и большом шаге, что ограничивает применение цепных передач при больших скоростях;

-сравнительно быстрое изнашивание шарниров цепи (увеличение шага цепи), необходимость применения системы смазывания и установки в закрытых корпусах;

-удлинение цепи из-за износа шарниров и сход ее со звездочек, что требует применения натяжных устройств;

неравномерность вращения звездочек; необходимость в большой точности сборки передачи.

Цепные передачи применяют в станках, мотоциклах, велосипедах, промышленных роботах, буровом оборудовании, строительно-дорожных, сельско-хозяйственных, полиграфических и других машинах для передачи движения между параллельными валами на значительные расстояния, когда применение зубчатых передач нецелесообразно, а использование ременных передач невозможно. Наибольшее применение получили цепные передачи мощностью до 120 кВт при окружных скоростях до 15 м/с.

2.Приводные цепи

Главный элемент цепной передачи – приводная цепь состоит из соединенных шарнирами отдельных звеньев. Приводные цепи служат для передачи механической энергии от одного вала к другому.

Основные типы стандартизованных приводных цепей: роликовые, втулочные и зубчатые.

Роликовые приводные цепи. Стандартом предусмотрены следующие типы роликовых цепей: приводные роликовые (ПР, рис.2), легкой серии (ПРЛ), длиннозвенные (ПРД), двух-, трех- и четырехрядные (2ПР, 3ПР, 4ПР).

Звенья роликовых цепей (рис. 3) состоят из двух рядов наружных 1 и внутренних 2 пластин. В наружные пластины запрессованы оси 3, пропущенные через втулки 4, запрессованные, в свою очередь, во внутренние пластины. На втулки предварительно надеты свободно вращающиеся закаленные ролики 5. Концы осей после сборки расклепывают с образованием головок, препятствующих спаданию пластин. При относительном повороте звеньев ось проворачивается во втулке, образуя шарнир скольжения. Зацепление цепи со звездочкой происходит через ролик, который, поворачиваясь на втулке, перекачивается по зубу звездочки. Такая конструкция позволяет выравнивать давление зуба на втулку и уменьшить изнашивание как втулки, так и зуба.



Рисунок 2 – Роликовые приводные цепи

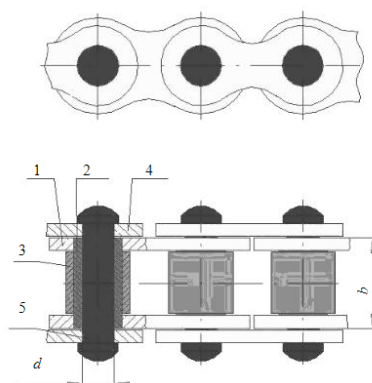


Рисунок 3 – Звенья роликовых цепей

Втулочные приводные цепи (рис.4) по конструкции подобны роликовым, но не имеют роликов, что удешевляет изготовление цепи, уменьшает ее массу, но существенно увеличивает износ втулок цепи и зубьев звездочек. Втулочные цепи применяют в неответственных передачах при скоростях 15–35 м/с.

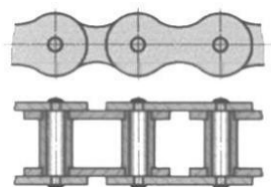


Рисунок 4 - Втулочные приводные цепи

Втулочные и роликовые цепи изготавливают однорядными и многорядными с числом рядов 2–4 и более. Многорядная цепь с меньшим

шагом P позволяет заменить однорядную с большим шагом и тем самым уменьшить диаметры звездочек, снизить динамические нагрузки в передаче. Многорядные цепи могут работать при существенно больших скоростях движения цепи. Нагрузочная способность цепи возрастает почти прямо пропорционально числу рядов.

Соединение концов цепи при четном числе ее звеньев производят соединительным звеном, при нечетном – переходным звеном, которое менее прочное, чем основные. Поэтому применяют цепи с четным числом звеньев.

Зубчатые приводные цепи (рис.5) состоят из звеньев, составленных из набора пластин, шарнирно соединенных между собой. Каждая пластина имеет по два зуба и впадину между ними для размещения зуба звездочки.

Число пластин определяет ширину цепи, которая, в свою очередь, зависит от передаваемой мощности. Рабочими гранями являются плоскости пластин, расположенные под углом 60° . Этими гранями каждое звено цепи вклинивается между двумя зубьями звездочки, имеющими трапециевидный профиль. Благодаря этому зубчатые цепи работают плавно, с малым шумом, лучше воспринимают ударную нагрузку и допускают скорости 25–40 м/с.

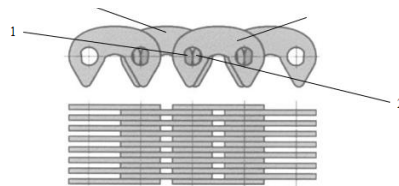


Рисунок 5 - Зубчатые приводные цепи

Материал цепей. Цепи должны быть износостойкими и прочными. Пластины цепей изготавливают из сталей марок 50, 40Х и других с закалкой до твердости 40–50 HRC, оси, втулки, ролики и призмы – из цементуемых сталей марок 20, 15Х и других с закалкой до твердости 52–65 HRC. Повышением твердости деталей можно повысить износостойкость цепей.

Оптимальное межосевое расстояние передачи принимают из условия долговечности цепи (рис.6): $a = (30–50)P$, где P – шаг цепи.

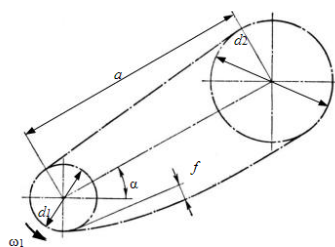


Рисунок 6- Межосевое расстояние
3. Особенности работы цепных передач

Переменность мгновенного значения передаточного отношения.

Скорость v цепи, угловая скорость ω_2 ведомой звездочки и передаточное отношение $i = \omega_1 / \omega_2$ переменны при постоянной угловой скорости ω_1 ведущей звездочки.

Движение шарнира звена, вошедшего последним в зацепление с ведущей звездочкой, определяет движение цепи в работающей передаче. Каждое звено ведет цепь при повороте звездочки на один угловой шаг, а потом уступает место следующему звену.

Рассмотрим цепную передачу с горизонтальным расположением ведущей ветви. Ведущий шарнир на малой звездочке в некоторый момент времени повернут относительно вертикальной оси на угол α_1 . Окружная скорость на зубе ведущей звездочки $v_1 = \omega_1 R_1$, где $R_1 = d_1/2$ – радиус расположения шарниров цепи. Скорость движения цепи $v = v_1 \cos \alpha_1$, где α_1 – угол обхвата ведущей звездочки относительно перпендикуляра к ведущей ветви. Так как при повороте звездочки угол α_1 изменяется по абсолютной величине в пределах $(\alpha_1/Z_1 - 0 - \alpha_1/Z_1)$, то скорость v цепи при повороте на один

угловой шаг колеблется в пределах $(v_{\min} - v_{\max} - v_{\min})$, где $v_{\min} = \omega_1 R_1 \cos(\alpha_1/Z_1)$ и $v_{\max} = \omega_1 R_1$. Мгновенная угловая скорость ведомой звездочки

$$\omega_2 = v / (R_2 \cos \alpha_2),$$

где угол α_2 на ведомой звездочке меняется в пределах $(\alpha_2/Z_2 - 0 - \alpha_2/Z_2)$.

Мгновенное передаточное отношение (с учетом $v = \omega_1 R_1 \cos \alpha_1$)

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{R_2 \cos \alpha_2}{R_1 \cos \alpha_1}.$$

Передаточное отношение цепной передачи переменное в пределах поворота звездочки на один зуб. Непостоянство i вызывает неравномерность хода передачи, динамическое нагружение вследствие ускорения масс, соединяемых передачей, и поперечные колебания цепи. Равномерность движения тем выше, чем больше числа зубьев звездочек (меньше пределы изменения углов α_1, α_2).

Среднее передаточное отношение. Цепь за один оборот звездочки проходит путь $S = PZ$. Время, t , одного оборота звездочки: $t = 2\pi / \omega_1 = 60/n$. Следовательно, скорость v , м/с, цепи

$$v = S/t = PZ_1 10^{-3} / (60/n_1) = PZ_2 10^{-3} / (60/n_2),$$

где P – шаг цепи, мм; Z_1, n_1 и Z_2, n_2 – соответственно числа зубьев и частоты вращения ведущей и ведомой звездочек, об/мин.

Из равенства скоростей цепи на звездочках следует

$$i = n_1/n_2 = Z_2/Z_1 = R_2/R_1.$$

Среднее передаточное отношение i за оборот постоянно. Максимально допустимое значение передаточного отношения цепной передачи ограничено дугой обхвата цепью малой звездочки и числом шарниров, находящихся на этой дуге. Рекомендуют угол обхвата принимать не менее 120° , а число шарниров на дуге обхвата – не менее пяти. Это условие может быть выполнено при любых межосевых расстояниях, если $i < 3,5$. При $i > 7$ межосевое расстояние выходит за пределы оптимальных значений. Поэтому обычно $i \leq 6$.

4.3 Звездочки

Звездочки (рис.7) цепных передач в соответствии со стандартом выполняют с износоустойчивым профилем зубьев. Для увеличения долговечности цепной передачи принимают по возможности большее число зубьев меньшей звездочки. Число Z_1 зубьев малой звездочки для роликовых и втулочных цепей, при условии $Z_1 \geq 13$,

$$Z_1 = 29 - 2i,$$

где i – передаточное отношение.

Минимально допустимое число зубьев малой звездочки принимают: при высоких частотах вращения $Z_1 \geq 19-23$; при средних – $Z_1 \geq 17-19$; при низких – $Z_1 \geq 13-15$.



Рисунок 7 -Звездочка

При износе шарниров и увеличении в связи с этим шага цепи стремится подняться по профилю зубьев, причем тем выше, чем больше число зубьев звездочки. При большом числе зубьев даже у мало изношенной цепи в результате радиального сползания по профилю зубьев

цепь соскакивает с ведомой звездочки. Поэтому максимальное число зубьев большой звездочки ограничивают: $Z_2 \leq 90$ для втулочной цепи; $Z_2 \leq 120$ для роликовой. Предпочтительно принимать нечетные числа зубьев звездочек, что в сочетании с четным числом звеньев цепи способствует ее более равномерному изнашиванию.

Материал звездочек должен быть износостойким и хорошо сопротивляться действию ударных нагрузок. Звездочки изготавливают из стали марок 45, 40Х и других с закалкой до твердости 45–55 HRC или из цементуемой стали марок 15, 20Х с закалкой до твердости 55–60 HRC. С целью снижения уровня шума и динамических нагрузок в передачах с легкими условиями работы изготавливают зубчатый венец звездочек из полимерных материалов: стеклопластиков и полиамидов.

5. Силы в ветвях цепи

Ведущая ветвь цепи при работе передачи нагружена силой F_1 , состоящей из полезной (окружной) силы F_t и силы F_2 натяжения ведомой ветви цепи:

$$F_1 = F_t + F_2.$$

Окружная сила F_t , Н, передаваемая цепью:

$$F_t = 2 \cdot 10^3 T/d,$$

где d – делительный диаметр звездочки, мм.

Силу F_2 натяжения ведомой ветви цепи составляют сила F_0 натяжения от собственной силы тяжести и сила F_u натяжения от действия центробежных сил:

$$F_2 = F_0 + F_u.$$

Натяжение F_0 , Н от силы тяжести при горизонтальном или близком к нему положении линии, соединяющей оси звездочек:

$$F_0 = qga_2 / 8f = 1,2qa_2 / f,$$

где q – масса 1 м цепи, кг/м; $g = 9,81$ м/с² – ускорение свободного падения; a – межосевое расстояние, м; f – стрела провисания ведомой ветви, м (рис. 10.6).

При вертикальном или близком к нему положении линии центров звездочек

$$F_0 = qga.$$

Натяжение цепи от центробежных сил, Н,

$$F_u = qv^2,$$

где v – скорость движения цепи, м/с.

Сила $F_{\text{ц}}$ действует на звенья цепи по всему ее контуру и вызывает дополнительно изнашивание шарниров. Цепные передачи проверяют на прочность по значениям разрушающей силы, приводимой в стандарте, и силы натяжения ведущей ветви, которую при этом вычисляют с учетом дополнительного динамического нагружения от неравномерного движения цепи, ведомой звездочки и приведенных к ней масс. Натяжение ведомой ветви цепи F_2 равно большему из натяжений F_0 или $F_{\text{ц}}$.

6. Характер и причины отказов цепных передач

Для приводных цепей характерны следующие *основные виды предельных состояний*:

изнашивание деталей шарниров вследствие их взаимного поворота под нагрузкой. Приводит к увеличению шага цепи. По мере изнашивания шарниры располагаются все ближе к вершинам зубьев и возникает опасность соскакивания цепи со звездочек;

изнашивание зубьев звездочек вследствие относительного скольжения и схватывания в сопряжении ролик – зуб звездочки. Приводит к увеличению шага звездочки;

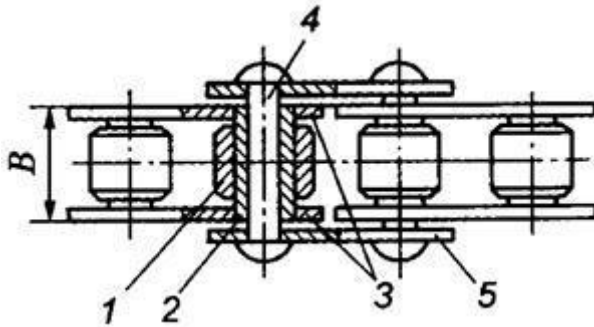
усталостное разрушение пластин цепей вследствие циклического нагружения. Наблюдает в быстроходных тяжело нагруженных передачах, работающих в закрытых корпусах с хорошим смазыванием;

ударно-усталостное разрушение тонкостенных деталей – роликов и втулок. Эти отказы обусловлены ударами шарниров о зубья звездочек при входе в зацепление.

В правильно спроектированной и эксплуатируемой цепной передаче увеличение шага цепи по мере износа шарниров опережает увеличение шага звездочки. С этим связаны нарушение зацепления, недопустимое провисание холостой ветви цепи, соскакивание со звездочки, задевание за стенки кожуха или картера, а также увеличение вибраций, шума. В результате цепь заменяют, как правило, до наступления усталостных разрушений. Таким образом, основным видом отказа цепных передач является изнашивание шарниров.

Контрольные вопросы

1. Элемент 2 приводной роликовой цепи носит название ...



1. ролик
2. валик
3. вкладыш
4. втулка

2. При расчетах межосевого расстояния цепной передачи используют:

1. диаметры звездочек
2. длину цепи
3. шаг цепи
4. число звеньев цепи

3. Расчет шага цепи в цепной передаче осуществляется по условию:

1. невыдавливания смазки в передаче
2. контактного напряжения между зубьями звездочек и цепью
3. давления в шарнирах цепи
4. изгибной выносливости цепи

Задание для самостоятельной работы:

1. Краткий конспект лекции – вопросы 4,5,6
2. Просмотреть видео из списка литературы
3. Письменно ответить на контрольные вопросы

Фотографии отчета прислать в личном сообщении ВК
<https://vk.com/id139705283>

На фотографиях сверху должна быть фамилия, дата выдачи задания, группа, дисциплина. Например: «Иванов И.И, 21.11.2022, группа ХКМ 3/1, Техническая механика».