

Дата **10.05.2023 г.** Группа: ХКМ 2/1. Курс: второй. Семестр IV

Дисциплина: Техническая механика

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

Тема занятия: Шпоночные и шлицевые соединения

Цель занятия:

–*методическая*– совершенствование методики проведения лекционного занятия; сочетание инновационных методов обучения с традиционной методикой преподавания;

–*учебная*– дать представление студентам о шпоночных и шлицевых соединениях;

–*воспитательная*– воспитывать культуру общения с использованием специальной терминологии, усидчивость, внимательность, графические и аналитические способности, чувство гордости за выбранную профессию.

Вид занятия: лекция

Вид лекции: лекция-визуализация

Форма проведения занятия: объяснительно - иллюстративная с использованием моделей шпоночных и шлицевых соединений

Междисциплинарные связи:

Обеспечивающие: Материаловедение, Инженерная графика

Обеспечиваемые: Управление обслуживанием холодильного оборудования и контроль за ним (по отраслям), курсовое и дипломное проектирование.

Обеспечение занятия:

Техническое: модели шпоночных и шлицевых соединений

Методическое: иллюстративный раздаточный материал.

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, 2013.

Дополнительная литература:

1. Аркуша А.И. Руководство к решению задач по теоретической механике. - М.: Высшая школа, 2012.
2. https://www.youtube.com/watch?v=Q_J221u-HnY Шпоночные соединения
3. https://www.youtube.com/watch?v=Dqw920y_x90 Шпоночное соединение вала с зубчатым колесом

Тема: Шпоночные и шлицевые соединения

1. Шпоночные соединения. Преимущества и недостатки
2. Основные типы стандартных шпонок
3. Материал шпонок

1. Шпоночные соединения. Преимущества и недостатки

Шпоночные и шлицевые соединения служат для передачи вращающего момента от вала к установленным на нем деталям (зубчатым колесам, шкивам, муфтам и т. д.) или наоборот.

Шпоночные соединения (рис.1) осуществляются с помощью призматических деталей — шпонок, которые устанавливаются в пазах вала и ступицы детали. Шпоночные пазы на валах получают фрезерованием, а в ступицах — протягиванием.

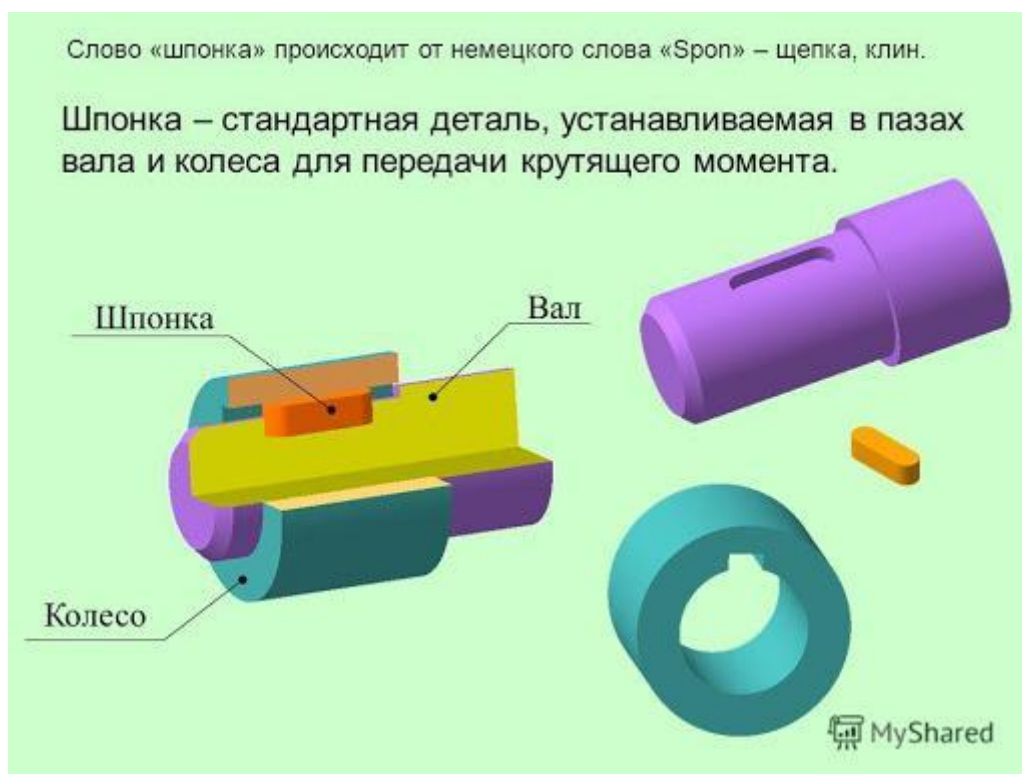


Рисунок 1 - Соединение шпонкой

Достоинства шпоночных соединений:

- простота разборки и сборки;
- надежность в эксплуатации;
- компактность и простота конструкции.

Недостатки шпоночных соединений:

- шпоночные пазы ослабляют вал и ступицу насаживаемой на вал детали (из-за этого приходится увеличивать толщину ступицы и диаметр вала). Ослабление вала обусловлено не только уменьшением его сечения, но главное, значительной концентрацией напряжений изгиба и кручения, вызываемой шпоночным пазом.
- шпоночные соединения нарушают центрирование колеса на валу (для этого приходится применять две противоположные шпонки);
- шпоночное соединение трудоемко в изготовлении: при изготовлении паза концевой фрезой требуется ручная пригонка шпонки по пазу; при изготовлении паза дисковой фрезой крепление шпонки в пазу винтами (от возможных осевых смещений);
- трудность обеспечения их взаимозаменяемости (необходимость ручной подгонки шпонок), что ограничивает их применение в крупносерийном и массовом производстве.

Шпоночные соединения применяют при малых нагрузках, возможности размещения длинных ступиц, необходимости легкой сборки и разборки. По мере роста нагрузок применение шпонок сокращается.

2. Основные типы стандартных шпонок

Основные типы шпоночных соединений. Шпоночные соединения делятся на две группы: ненапряженные и напряженные.

Ненапряженные соединения осуществляются призматическими и сегментными шпонками, которые не вызывают деформацию ступицы и вала при сборке.

Напряженные соединения осуществляются клиновыми шпонками, которые вызывают деформацию вала и ступицы при сборке.

Соединения призматическими шпонками (рис.2) имеют наибольшее распространение. Стандартизованы обыкновенные и высокие призматические шпонки. Последние обладают повышенной несущей

способностью, их применяют, когда закрепляемые детали (ступицы) имеют малую длину. Момент передается узкими боковыми гранями шпонок.

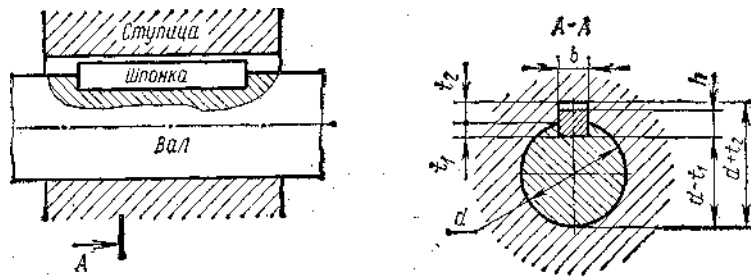


Рисунок 2 - Соединения призматическими шпонками

Классификация шпоночных соединений

По **степени подвижности** шпонки подразделяют на:

- *подвижное* - с направляющей шпонкой; со скользящей шпонкой;
- *неподвижное*;

По **усилиям, действующим в соединении** шпонки подразделяют на:

- *напряжённые*, такие, в которых напряжения создаются при сборке и существуют независимо от наличия рабочей нагрузки, все напряжённые соединения являются неподвижными;

- *ненапряжённые*, в которых напряжения возникают только при воздействии рабочей нагрузки;

По **конструкции** шпонки подразделяют на:

- **призматические** выполняют прямоугольного сечения с соотношением сторон $h:b \approx 1:1$ для валов малых диаметров и $1:2$ для больших диаметров вала со скругленными торцами *исполнение 1* (рис. 3, а, в, и рис. 4) и плоскими торцами *исполнение 2* (рис. 3, б, г и рис. 4); с одним плоским, а другим скругленным торцом *исполнение 3* (рис. 4); эти шпонки не имеют уклона и их закладывают в паз, выполненный на валу (рис. 3, в, г — шпонки имеют отверстия для их закрепления). Шпонки исполнения 1 рекомендуются для более точных соединений. В зависимости от диаметра вала ширина шпонки (в номинальном значении равная ширине пазов вала и ступицы) $b \approx (0,2 \dots 0,3)d$, где d - диаметр вала, причём, чем больше диаметр вала, тем меньше отношение b/d . Глубина шпоночного паза на валу обычно составляет $t_1 = 0,6h$, а глубина паза ступицы - $t_2 = 0,5h$, таким образом, радиальный зазор между дном паза ступицы и верхней гранью шпонки $c = 0,1h$.

Призматические шпонки изготовляют следующих трех типов:

- **обыкновенные (закладные)** (ГОСТ 23360-78) и высокие (ГОСТ 10748-79); их используют для неподвижных соединений ступиц с валами;

- **направляющие с креплением на валу** (ГОСТ 8790-79), применяемые в том случае, когда ступицы должны иметь возможность перемещения вдоль валов;

- **скользящие сборные** (ГОСТ 12208-66), соединяющиеся со ступицей выступом (пальцем) цилиндрической формы и перемещающиеся вдоль вала вместе со ступицей.

Рабочими у призматической шпонки являются более узкие, боковые грани.

Призматические направляющие шпонки с креплением на валу применяют в подвижных соединениях для перемещения ступицы вдоль вала.

Рабочими являются боковые, более узкие грани шпонок высотой h . Размеры сечения шпонки и глубины пазов принимают в зависимости от диаметра d вала.

Одним из главных недостатков призматических шпонок является необходимость их индивидуальной подгонки к размерам пазов вала и ступицы, то есть трудность обеспечения взаимозаменяемости, что ограничивает их применение в крупносерийном производстве.

В качестве другого недостатка следует назвать способность призматической шпонки к опрокидыванию в процессе износа и смятия боковых рабочих поверхностей, так как силы, действующие на шпонку, образуют моментную пару, а по высоте шпонки в пазу всегда имеется некоторый зазор.

- **сегментные** (рис. 3, д и рис. 5 и 6); представляют собой сегментную пластину, заложенную закругленной стороной в паз соответствующей формы, профрезерованный на валу (рис. 6). Сегментные шпонки, как и призматические, работают боковыми гранями. Их применяют при передаче относительно небольших вращающих моментов и часто применяют для конических концов валов, на валах небольших диаметров (до 38 мм) и при короткой ступице. Сегментные шпонки (ГОСТ 24071-80) и пазы для них просты в изготовлении, удобны при монтаже и демонтаже (шпонки свободно вставляют в паз и вынимают), однако вал ослабляется глубоким пазом под шпонку. Широко применяют в серийном и массовом производстве.

Недостатком сегментных шпонок является более сильное в сравнении с призматическими ослабление сечения вала. Поэтому сегментные шпонки применяются, как правило, на малонагруженных изгибающими моментами участках валов. Такими участками чаще всего являются концевые участки валов.

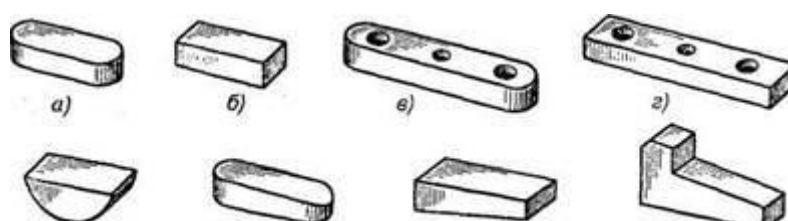


Рисунок 3 - Конструкции шпонок: *а, в* — шпонки со скругленными торцами; *б, г* — шпонки с плоскими торцами; *д* — сегментная шпонка; *е, ж, з* — клиновые шпонки

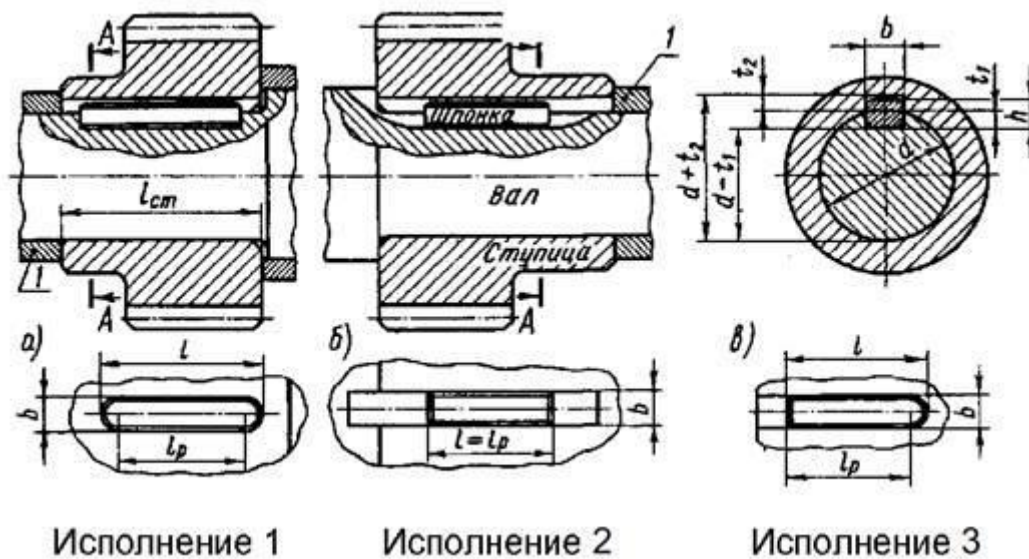


Рисунок 4- Соединение призматическими шпонками

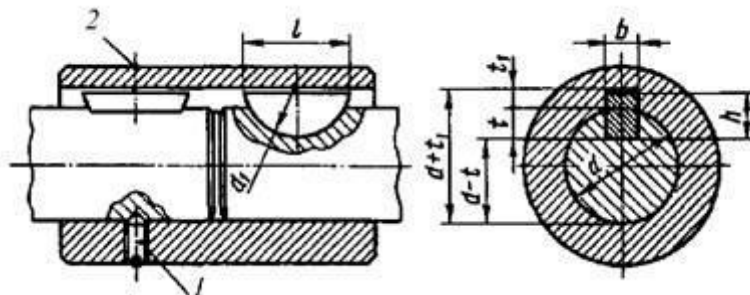


Рисунок 5- Соединение сегментной шпонкой: 1 - винт установочный; 2 — кольцо замковое пружинное

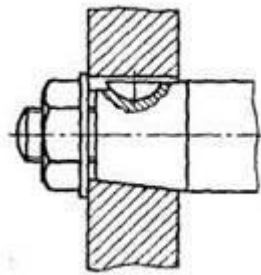


Рисунок 6- Соединение сегментной шпонкой

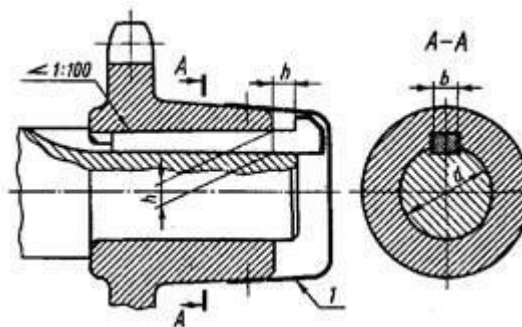


Рисунок 7- Соединение клиновой шпонкой

- **цилиндрические** используют для закрепления деталей на конце вала. Круглые цилиндрические или конические шпонки не стандартизованы. Их используют в том случае, если втулку необходимо установить на конец вала.

- **клиновые шпонки** без головки (рис. 3, е, ж и рис. 7) и с головкой (рис. 3, з). Клиновые шпонки имеют форму односкосных самотормозящих клиньев с уклоном 1:100. Такой же уклон имеют и пазы в ступицах. *Головка служит для выбивания шпонки из паза. По нормам безопасности выступающая головка должна иметь ограждение (1 на рис. 7).* В этих соединениях ступицу устанавливают на валу с небольшим зазором. Клиновую шпонку забивают в пазы вала и ступицы, в результате на рабочих широких гранях шпонки создаются силы трения, которые могут передавать не только вращающий момент, но и осевую силу. Соединения клиновыми шпонками применяют в тихоходных передачах. Они хорошо воспринимают ударные и знакопеременные нагрузки. Клиновья форма шпонки может вызвать перекос детали, при котором ее торцевая плоскость не будет перпендикулярна к оси вала, а также затруднена разборка при ремонте. Эти недостатки послужили причиной того, что применение клиновых шпонок резко сократилось в условиях современного машиностроения.

- **тангенциальные шпонки** (рис.8). Тангенциальная шпонка состоит из двух односкосных клиньев с уклоном 1:100 каждый. Работает узкими боковыми гранями. Клинья вводятся в пазы вала и ступицы ударом; образуют напряженное соединение. В современном производстве имеют ограниченное применение.

Достоинства тангенциальных шпонок:

- материал тангенциальной шпонки работает на сжатие;
- более благоприятная форма шпоночного паза в отношении концентрации напряжений.

Недостатком тангенциальной шпонки можно считать её конструктивную сложность.

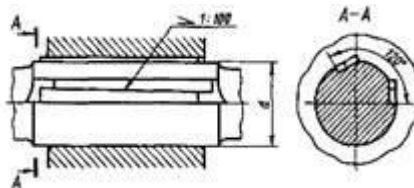


Рисунок 8- Соединение тангенциальной шпонкой

- **специальные** шпонки.

Шпонки всех основных типов стандартизованы и их размеры выбираются по ГОСТ 23360-78 (призматические); ГОСТ 24071-80 (сегментные); ГОСТ 24068-80 (клиновые).

3. Материал шпонок

Конструктивно **шпонка** представляет собой стальной брусок, изготовленный в соответствии со стандартами ГОСТ. Основное назначение **шпонки** – подвижное закрепление на валу или продольной оси механизмов таких деталей как зубчатое колесо, маховик или шкив.

Шпоночный материал представляет собой калиброванный металлопрокат, предназначенный для изготовления таких соединительных элементов, как шпонки. Шпонка – это штифт продолговатой формы, который вставляется в паз соединяемых деталей шпоночного соединения. Причем применяться шпонки могут как при создании машин и механизмов, так и в производстве мебели, и даже в строительстве. Сфера их использования достаточно широкая.

Естественно, что от назначения шпонок напрямую зависят требования, которые к ним предъявляются. А потому для производства шпоночного материала, из которого затем будут изготавливаться шпонки, применяются самые разнообразные стали и сплавы. Кроме того, варьироваться в зависимости от области их применения может форма шпонок – а соответственно, и форма бруска шпоночного материала.

В классическом варианте шпоночный материал изготавливается из стали Ст45. Это конструкционная углеродистая сталь обыкновенного качества, которая традиционно используется для изготовления деталей повышенной прочности и относится к трудносвариваемым сталям. Причем

поставляется шпоночный материал в соответствии с ГОСТ 8787-68, известным как «Сталь чистотянутая для шпонок», а длина одного бруска шпоночного материала составляет 1 м.

Кроме того, для производства шпоночного материала также может использоваться сталь Ст50 – углеродистая, светлого проката (ее технологические характеристики от параметров стали Ст45 практически не отличаются). А в тех случаях, когда необходимо обеспечить высокие показатели прочности получаемых шпонок, для изготовления шпоночного материала также могут использоваться определенные виды легированных сталей – в частности, сталь 40Х, которая характеризуется показателем твердости 35 – 45 и подвергается дополнительной термической обработке.

В отдельных случаях шпонки могут изготавливаться и из других металлов, а также из высококачественных пластиков. Кроме того, для их производства может использоваться даже дерево – если речь идет о тех шпонках, которые нашли применение в процессе изготовления предметов мебели (в качестве усилителей креплений).

Отдельным видом шпоночного материала является материал, из которого изготавливаются шпонки ватерстоп. Эти изделия предназначены для установки в железобетонных и в бетонных конструкциях с целью предотвращения прохождения воды. А потому в основе шпоночного материала, из которого они изготавливаются, лежат поливинилхлорид и высококачественная резина – это позволяет сделать шпоночный материал водонепроницаемым и стойким к воздействиям кислот, щелочей и других агрессивных химических веществ, которые могут содержаться в составе воды.

Контрольные вопросы

1. Назначение шпонок
2. Классификация шпоночных соединений по степени подвижности
3. Основной недостаток клиновых шпонок
4. Недостаток сегментных шпонок
5. Материал шпонок

Задание для самостоятельной работы:

1. Посмотреть видео из списка литературы
 2. Краткий конспект лекции. Оформить в виде схемы или таблицы
- 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, 10.05.2023 г., группа ХКМ 2/1, Техническая механика».