

Лабораторная работа № 7

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ КОНИЧЕСКОГО РЕДУКТОРА

Цель работы:

1. Ознакомление с кинематическими схемами и конструкцией конического или коническо-цилиндрического редуктора, с регулировкой и смазкой его подшипников, со смазкой зацеплений.
2. Измерить габаритные и присоединительные размеры редуктора.
3. Определить параметры зацеплений конической и цилиндрической ступеней редуктора, геометрические параметры одного из его валов и расположенных на нем зубчатых колес и подшипников.

Теоретическая часть

Конические зубчатые редукторы применяют в тех случаях, когда по условиям компоновки машин необходима передача мощности между валами, оси которых расположены под углом. Обычно применяют передачи с пересекающимися осями и межосевыми углом, равным 90° . Передачи с углами, отличающимися от 90° , возможны, но применяются очень редко ввиду сложности изготовления корпусов.

Кинематические схемы конических и коническо-цилиндрических редукторов представлены на рис. 7.1.

Наибольшее применение получили редукторы с горизонтальным расположением валов, но из условий компоновки встречаются редукторы с вертикальным расположением быстроходного вала конической шестерни. Встречаются схемы и с вертикальным расположением тихоходного вала.

Передаточное число конической пары следует ограничивать, так как с ростом u возрастают нагрузки на опоры и валы. Рекомендуется принимать $u \leq 5 \dots 6$. По опыту редукторостроительной промышленности можно проектировать коническо-цилиндрические двухступенчатые редукторы с $u = 3,6 \dots 27$, и трехступенчатые с $u = 28 \dots 182$. Общепринятого метода распределения передаточных чисел по ступеням коническо-цилиндрических редукторов нет.

Контрольные вопросы

1. Когда применяют конические передачи? Их достоинства и недостатки.
2. Какие схемы конических и коническо-цилиндрических редукторов вы знаете? Перечислите их достоинства и недостатки.
3. Какие подшипники применяют в конических и коническо-цилиндрических редукторах?
4. Как регулируют зазоры в зацеплении и подшипниках?
5. Какие крышки применяют для подшипников быстроходного, промежуточного и тихоходного валов? Их достоинства и недостатки.
6. Из каких материалов изготавливают корпуса редукторов и способ их изготовления?
7. Зачем делают на корпусе и крышке корпуса редуктора ребра?
8. С какой целью делается прилив на корпусе и крышке корпуса?
9. Когда делают вал-шестерню?
10. С какой целью сделан люк с отдушиной?
11. Как смазываются зубчатые колеса редуктора и подшипники?
12. Зачем сделаны приливы на корпусе и крышке редуктора под подшипниковые болты?
13. Как обеспечивается герметичность плоскости стыка крышки и корпуса редуктора и выходных концов редуктора?
14. Какое назначение имеют штифты, пробка, маслоуказатель?

Ответы на контрольные вопросы

1. Коническая передача используется, когда оси валов пересекаются. У конических колес вместо начальных цилиндров – начальные конусы с вершинами в точке пересечения осей валов. Конические передачи применяются в редукторах общего назначения, металлообрабатывающих станках, автомобилях и тд.

Достоинства: обеспечение возможности передачи и преобразования вращательного движения между звеньями с пересекающимися осями вращения;

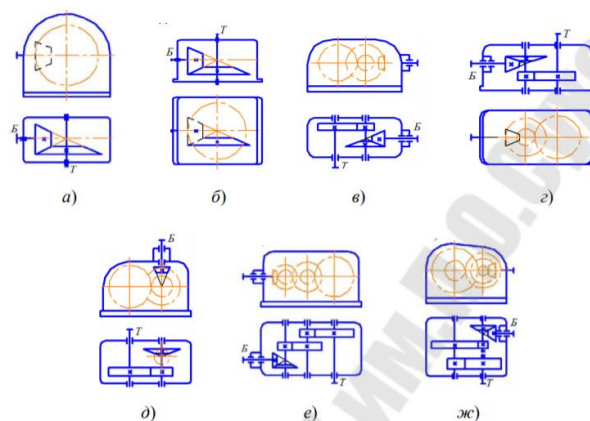
возможность передачи движения между звеньями с переменным межосевым углом при широком диапазоне его изменения;

расширение компоновочных возможностей при разработке сложных зубчатых и комбинированных механизмов.

Недостатки: более сложная технология изготовления и сборки конических зубчатых колес;

большие осевые и изгибные нагрузки на валы, особенно в связи с консольным расположением зубчатых колес.

2.



Кинематические схемы конических и коническо-цилиндрических редукторов: а – конический одноступенчатый; б – конический одноступенчатый с вертикальным расположением тихоходного вала; в – коническо-цилиндрический; г – коническо-цилиндрический с вертикальным расположением тихоходного вала; д – коническо-цилиндрический с вертикальным расположением быстроходного вала;

е – коническо-цилиндрический трехступенчатый; ж – коническо-цилиндрический трехступенчатый с соосной цилиндрической частью. К преимуществам относится возможность передачи вращения под углом, что обуславливает высокую компоновочную технологичность редуктор. Недостатки выражены в технологической сложности изготовления конических колёс, так как требуется повышенная точность. Кроме того, валы конической ступени редуктора испытывают повышенные радиальные и осевые нагрузки, в следствии чего механизм передаёт меньшую мощность, чем цилиндрические аналоги. И, в заключение, хотелось бы отметить, что коническо-цилиндрические редукторы требуют особо точной регулировки.

3. Чаще всего в конических редукторах применяют конические роликовые подшипники за исключением быстроходных передач с $n > 3000$ об/мин. В последнем случае устанавливают шариковые радиально-упорные подшипники для снижения потерь на трение. В цилиндрических редукторах с косозубыми колесами применяют шариковые радиально-упорные подшипники, а при больших нагрузках и размерах редукторов – конические роликовые.

4. Осевой зазор (смещение) в подшипниках регулируемого типа достигается путем смещения одного кольца подшипника относительно другого.

Регулировка подшипников зависит от способа их установки и осуществляется: а) при помощи торцевых крышек, прикрепляемых

болтами к корпусу того или иного механизма и комплекта металлических регулировочных прокладок, либо регулировочными кольцами, устанавливаемыми между закладной крышкой и наружным кольцом подшипника;

б) при помощи прижимных крышек и винтовых упоров, расположенных центрально в закладных крышках;

в) смещением внутреннего кольца подшипника по валу при помощи регулировочной гайки.

При регулировке подшипников металлическими прокладками считается нормальным установка между корпусом и торцевой крышкой до пяти прокладок толщиной 0,1; 0,15; 0,3; 0,5 и 2 мм.

Проверку осевого смещения в подшипниках осуществляют:

а) индикатором, устанавливаемым в торец вала, с отжимом вала по оси в противоположном направлении; величина смещения определяется по отклонениям стрелки индикатора;

б) при помощи щупа с отжимом вала в противоположном направлении и вводом щупа между телами качения и дорожкой наружного кольца.

Подшипники качения монтируют с гарантированным зазором, который обеспечивает свободное их вращение, а также отсутствие защемления при тепловом расширении. Проверку осевого смещения выполняют индикатором, установленным в торец вала; смещением вала вдоль оси в противоположных направлениях; при помощи щупа, который вводится между телами качения и дорожкой одного из кольца. При контрольных работах проверяется наличие и количество смазочного материала. В случае необходимости производится смазка подшипников.

5. Крышки подшипников быстроходного и промежуточного валов.

Определяющим при конструировании крышки является диаметр отверстия в корпусе под подшипник.

Согласно рекомендациям по выбору толщины стенки, диаметра и числа винтов крепления крышки к корпусу в зависимости от :Размеры других конструктивных элементов крышки:

Принимаем

Чтобы поверхности фланца крышки и торца корпуса сопрягались по плоскости, на цилиндрической центрирующей поверхности перед торцом фланца делается канавка шириной Крышку базируют по торцу фланца, поэтому поясok с центрирующей цилиндрической поверхностью делается небольшим, чтобы он не мешал установке крышки по торцу корпуса:

Крышки подшипников тихоходного вала

Определяющим при конструировании крышки является диаметр отверстия в корпусе под подшипник.

Согласно рекомендациям по выбору толщины стенки, диаметра и числа винтов крепления крышки к корпусу в зависимости от :

Размеры других конструктивных элементов крышки:

Принимаем

Чтобы поверхности фланца крышки и торца корпуса сопрягались по плоскости, на цилиндрической центрирующей поверхности перед торцом фланца делается канавка шириной Крышку базируют по торцу фланца, поэтому поясok с центрирующей цилиндрической поверхностью делается небольшим, чтобы он не мешал установке крышки по торцу корпуса.

6. Корпус и крышка корпуса редуктора обычно отливаются из серого чугуна марок СЧ—28, СЧ —15, СЧ — 18 с последующей механической обработкой сопрягаемых поверхностей.

Валы изготавливают из круглого проката или поковок улучшенных сталей марок Сталь 45, Сталь 50, Сталь 5, Сталь 6, а в некоторых случаях — из легированных сталей. Затем для придания им окончательной формы и размеров они обрабатываются на металлорежущих станках (преимущественно на токарных). Шпоночные канавки вала со скругленными торцами фрезеруются обычно торцевой (пальцевой) фрезой.

Подшипники качения подбираются по диаметрам валов и требуемой грузоподъемности.

Стержни и головки болтов получают штамповкой из Сталь 3. Затем на стержни накатывается или нарезается резьба.

Гайки также штампуют из Сталь 3, а затем метчиком нарезается резьба.

Изготовление механически обработанного зубчатого колеса начинается с получения заготовки. Способ получения заготовки зависит от размеров и конструктивной формы колеса. Если колесо имеет небольшой диаметр (до 500 мм) и несложную конструкцию, заготовка отковывается из стали марок Сталь 35, Сталь 45, Сталь 50 и т.д. Заготовки колёс больших диаметров имеют спицы и, следовательно, довольно сложную форму. Поэтому крупные заготовки удобнее изготавливать путем отливки из сталей специальных марок: Сталь 35Л, Сталь 45Л, Сталь 55Л.

7. Корпус редуктора служит для размещения и координации деталей передачи, защиты их от загрязнения, организации системы смазки, а также восприятия сил, возникающих в зацеплении редукторной пары, подшипниках, открытой передаче.

Корпусы редукторов выполняют, как правило, литыми и при конструировании должна быть обеспечена необходимая прочность и жёсткость, исключая перекося валов. Для повышения жёсткости корпусов служат рёбра, располагаемые у приливов под подшипники. Корпус обычно выполняют разъёмным, состоящим из основания (его иногда называют картером) и крышки. Плоскость разъёма проходит через оси валов. При конструировании червячных и лёгких зубчатых редукторов иногда применяют неразъёмные корпуса со съёмными крышками.

В одноступенчатых редукторах принята в основном конструкция разъёмного корпуса, состоящего из крышки и основания. Корпуса вертикальных цилиндрических редукторов могут иметь в отдельных случаях два разъёма, что определяет ещё одну часть корпуса среднюю. Несмотря на разнообразие форм корпусов, они имеют одинаковые конструктивные элементы: подшипниковые бобышки, фланцы, рёбра, соединённые стенками в единое целое, и их конструирование подчиняется некоторым общим правилам.

Форма корпуса определяется в основном технологическими, эксплуатационными и эстетическими требованиями с учётом его прочности и жёсткости. Этим требованиям удовлетворяют корпуса прямоугольной формы с гладкими наружными стенками без выступающих конструктивных элементов: подшипниковые бобышки и рёбра внутри; стяжные болты только по продольной стороне корпуса в нишах; крышки подшипниковых узлов преимущественно врезные; фундаментные лапы не выступают за габариты корпуса.

8. Фланцы корпуса редуктора объединены с приливами (бобышками) для подшипниковых гнезд. Конструктивное исполнение прилива зависит от типа крышки подшипника (привертной).

Размер прилива, расположенного внутри корпуса (табл. 3П.1 и 3П.2 приложения 3П) не зависит от типа применяемой крышки подшипника и определяется для соответствующего подшипникового гнезда в зависимости от диаметра D растачиваемого отверстия под подшипник или стакан (при установке конической шестерни).

9. Вал шестерни изготавливаются из высокопрочных материалов, и являются ведущими ступенями передачи крутящего момента от вала к валу, однако несмотря на это они считаются недолговечными, проще говоря быстро изнашиваемыми запчастями. Связано это не с недостатками производства или неверными расчетами, связано это прежде всего с максимально возможными нагрузками, которые испытывают эти детали. Поэтому описания работы грузоподъемных механизмов, редукторов, приводных систем делают акцент на своевременную замену вал-шестерни в случае

необходимости, для предотвращения аварийной остановки и длительного простоя этих систем.

10. Смотровой люк служит для контроля сборки и осмотра редуктора при эксплуатации. Для удобства осмотра его располагают на верхней крышке корпуса, что позволяет также использовать люк для заливки масла. В червячных редукторах с верхним или боковым расположением червяка люк целесообразно расположить в одной из боковых сторон корпуса для наблюдения за регулированием зацепления. Смотровой люк делают прямоугольной формы, реже круглой. Люк закрывают крышкой). Широко применяют стальные крышки из листов, толщиной $\delta_k \leq 2$ мм. Для того чтобы внутрь корпуса не попадала пыль, под крышку ставят уплотняющие прокладки из картона (толщиной 1...1,5 мм) или полосы из резины (толщиной 2...3 мм). Если с такой крышкой совмещена пробка отдушина, то ее приваривают к ней или прикрепляют развальцовкой.

11. Смазка зубчатого зацепления и подшипников уменьшает потери на трение, предотвращает повышенный износ и нагрев деталей. По способу подвода смазки к зацеплению различают картерную и циркуляционную смазку. Для редукторов общего назначения применяют непрерывное смазывание жидким маслом картерным непроточным способом. Этот способ применяется для зубчатых передач при окружных скоростях м/с. При большей скорости масло сбрасывается с зубчатых колес центробежной силой. В цилиндрических передачах следует погружать в масло не глубже высоты зуба зубчатого колеса. Рекомендуемый сорт смазочного масла

12. Приливы, в которых располагают подшипники, конструктивно оформляют

Диаметры прилива принимают (мм):

для закладной крышки – $D_p = 1,25 D + 10$ мм;

для привертной крышки – $D_p = D_f = 4...6$ мм,

где D – наружный диаметр подшипника

D_f – диаметр фланца крышки подшипника

$D = D + (4...4,4) d$

где $d = d_b$ – диаметр болтов крепления крышки к корпусу

Диаметр и число винтов для крепления привертных крышек см. на стр....??. Отверстия под винты обычно сверлят на станках при отдельной механической обработке корпуса и крышки. Поэтому нельзя проектировать отверстия в стыке крышки с корпусом, так как они могут быть выполнены только после сборки, что очень неудобно. Кроме того при затяжке болтов действуют силы, отжимающие крышку от корпуса.

13. При конструировании и сборке редуктора очень важно уделить самое пристальное внимание его герметичности. Утечки – серьезная проблема редукторов, т.к. понизившийся из-за вытекания уровень масла резко увеличивает риск выхода редуктора из строя, к тому же вытекающее масло может попасть на производимую продукцию или другие механизмы. Поэтому не стоит думать, что данная проблема второстепенна.

Полной герметичности в любом редукторе кроме волновых добиться невозможно технически, однако возможно уплотнить и загерметизировать его так, что риск утечки масла будет минимальный. Главной причиной утечек масла являются разъемы по плоскостям прилегания статичных деталей и выходные концы валов. Как с ними бороться?

Разъемы по плоскостям можно уплотнить кожаными или резиновыми прокладками (самый частый способ), в ряде случаев возможно уплотнение с помощью круглых резиновых колец на торцевой или цилиндрической части крышек.

Если корпус редуктора является разъемный по оси колеса, то есть два варианта герметизации – тщательная подгонка и плотное прижатие обработанных поверхностей корпуса друг к другу или – в особых случаях – залить разъем лаком или аналогичным скрепляющим составом.

Если источником течи масла являются выходные концы валов, то их можно загерметизировать с помощью уплотняющих устройств. Они бывают контактные, центробежные и щелевые. Самый часто используемый тип – контактные.

Центробежные и щелевые уплотнения обычно используются в связке с контактными.

Контактные уплотнители обычно представляют собой резинометаллические или чисто резиновые одно- или двухпоясковые манжеты с жестким каркасом и прижимающей пружиной.

Суть контактных уплотнений в том, что рабочая поверхность неподвижного элемента редуктора трется по рабочей поверхности вращающегося вала.

Главное достоинство контактных уплотнений – они обеспечивают действительно высокую герметичность. Но в то же время они приводят к большим потерям на трение, так что их использование предпочтительно в первую очередь на валах, расположенных в масляных ваннах, и при определенных скоростях и видах смазки. Контактные уплотнения делятся на: для скоростей от 0,4 до 12 м/с при жидкой смазке, и для скоростей менее 0,4 м/с при жидкой/консистентной смазке.

(Герметичность разъемов кроме тщательного их изготовления достигается дополнительными мерами. Перед сборкой разъемы смазывают шеллаком, цапонлаком, или пастой Герметик. Шелковая нить, уложенная по контуру разъема, облегчает удаление слоя засохшего лака при разборке. Разъемы смотровых отверстий и прочих заглушек уплотняют картонными или резиновыми прокладками.)

14. а) предохранение деталей от коррозии. Для решения этой задачи достаточна скудная смазка;

б) получение между трущимися поверхностями жидкостного или хотя бы полужидкостного трения, удаления с трущихся поверхностей продуктов износа и отвод выделяемого тепла. Для решения этой задачи требуется обильная смазка.

Поскольку в подшипниках качения тепловыделение невелико (КПД 0,995) для них достаточна скудная смазка, а слишком обильная даже вредна ввиду возрастания барботажных потерь. Поэтому подшипники, расположенные около быстровращающихся косозубых шестерен, защищают маслоотражательными кольцами.

В зубчатых же передачах имеет место трение скольжения между зубьями и тепловыделение сравнительно велико (КПД $\sim 0,98$). Поэтому для них требуется более обильная смазка.

В горизонтальных цилиндрических редукторах обычно применяют смазку окунанием, при которой масло заливается в корпус редуктора и все части или часть колес погружаются в него на определенную глубину (до зубчатого колеса).

Зубья промежуточных непосредственно смачиваются смазкой; к подшипникам, непогруженным колесам и шестерням смазка попадает вследствие разбрызгивания (при $V > 4$ м/сек.), стекания по колесам и валам и конденсации паров масла.

Для заливки масла и промывания редуктора керосином предусмотрен люк и сливная пробка. Для контроля за уровнем масла - маслоуказатель. Небольшое количество масла для компенсации его потерь во время работы обычно подливают через отверстие под жезловый маслоуказатель. Небольшое количество масла можно залить из масленки, для удобства слива масло дно корпуса редуктора выполняют наклонным. Во избежание повышения давления в корпусе от нагрева и выбрасывания масла через неплотности предусматривают вентиляционные отверстия (сапун).

Объем заливаемого масла зависит от мощности, передаваемой редуктором. Обычно для цилиндрических редукторов рекомендуют заливать 0,5 литра на 1 кВт передаваемой мощности.