06.04.20г Лекция №56. **Передача винт-гайка.**

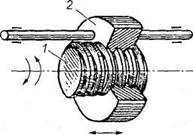
***Устройство и назначение передач «винт-гайка»***

Во многих приводах машин и оборудования используется преобразование вращательного движения в поступательное. Это относится к таким распространенным приводам, как приводы подач станков и роботов, измерительных машин, сканирующих столиков, регулировки клапанов и задвижек, различных мехатронных устройств и т.д. Требуемые линейные перемещения – от миллиметров до десятков метров, усилия – от единиц ньютонов до тысяч килоньютонов. Допуски на кинематические погрешности могут выражаться единицами микрометров, а требуемая разрешающая способность шагового привода ограничиваться сотыми долями микрометров.

Для преобразования вращательного движения в поступательное наиболее широко используются передачи винт – гайка. Передачи винт – гайка являются изделиями общемашиностроительного применения, и их качество непосредственно сказывается на качестве машин и оборудования, в состав которых они входят.

*Передача винт-гайка*(рис. 1) *состоит из винта 1 и гайки 2, сопри­касающихся винтовыми поверхностями.*

Передача винт-гайка предназначена для преобразования вращательного движения в поступательное (при больших углах подъема винтовой линии, порядка http://www.detalmach.ru/lect5.files/image002.gif>12°). При этом вращение закрепленной от осевых перемещений гайки вызывает поступательное перемещение винта, или вращение закрепленного от осевых перемещений винта приводит к по­ступательному перемещению гайки. Когда угол подъема больше угла трения, эту передачу можно использовать для преобразования поступательного движения во вращательное.



**Рис. 1. Передача винт-гайка**

*Различают два типа передач винт-гайка:*

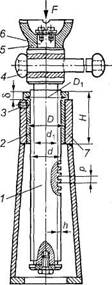
- передачи трения скольжения или винтовые пары трения скольжения (рис. 1-3);

- передачи трения качения или шариковинтовые пары (рис. 4) Ведущим элементом в передаче, как правило, является винт, ведомым - гайка. В передачах винт-гайка качения на винте и в гайке выполнены винто­вые канавки (резьба) полукруглого профиля, служащие дорожками ка­чения для шариков.

Конструктивно  передача  винт-гайка  может  быть  вы­полнена:

- передачи с вращающимся винтом и ведомой, поступательно перемещающейся гайкой (наиболее распространенное исполнение) (см.рис.1). Такая схема обычно используется в силовых передачах при больших перемещениях (например, роботы, механизмы изменения стреловидности крыла);

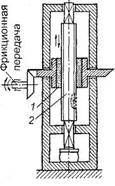
- с вращающимся и одновременно поступательно перемещающимся винтом при неподвижной гайке (простые домкраты) (см. рис. 2);



**Рис. 2. Винтовой домкрат:   *1*—винт; *2 —*гайка; *3*—стопорный**

**винт;  *4*— рукоятка;  5 — чашка домкрата; *6—*шип, 7 — корпус**

- передачи с вращающейся гайкой и ведомым поступательно перемещающимся винтом. Такие передачи применяются при небольших перемещениях и значительных осевых нагрузках (например, в механизмах управления стабилизаторами летательных аппаратов)(см. рис. 3).



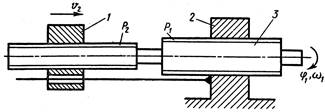
**Рис. 3. Передача винт-гайка: *1* — гайка; *2 —*винт**

- дифференциальная винтовая передача, которая состоит из винта с двумя участками резьбы разных шагов (*Р1* и *Р2*), но одного направления (см.рис.3.3). При вращении винта *1* гайка *2* совершает два поступательных движения: относительно винта *1* и вместе с винтом *1* относительно стойки *3*.

Полное поступательное перемещение гайки *2* относительно стойки *3* пропорционально разности шагов (*Р1* – *Р2*).

http://www.detalmach.ru/lect5.files/image010.gif

Следовательно, дифференциальная передача винт-гайка обеспечивает малые линейные перемещения.



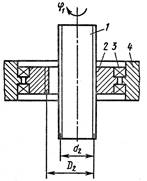
**Рис.3.3. Схема  винтовой дифференциальной передачи**

- интегральная винтовая передача. Она устроена аналогично дифференциальной, но имеет различные направления резьбы на участках винта. Здесь осевое перемещение гайки относительно стойки пропорционально сумме шагов (*Р1*+ *Р2*).

http://www.detalmach.ru/lect5.files/image014.gif

При небольшом угле поворота винта интегральная передача обеспечивает увеличение осевого перемещения гайки.

- несоосная винтовая передача (рис.3.4). Она состоит из винта *1*, гайки *2*, свободно вращающейся в подшипниках *3*, нагружение кольца которых установлены в корпусе *4*. Корпус *4* в осевом направлении перемещается вместе с гайкой *2*.



**Рис.3.4. Интегральная винтовая передача**

В зависимости от назначения пе­редачи винты бывают:

- ***грузовые,*** применяемые для создания больших осевых сил. При знакопеременной нагрузке имеют трапецеидальную резьбу, при боль­шой односторонней нагрузке — упорную. Гайки грузовых винтов цель­ные. В домкратах (рис. 2) для большего выигрыша в силе и обеспечения самоторможения применяют однозаходную резьбу с малым углом подъема;

- ***ходовые,*** применяемые для перемещений в механизмах подачи. Для снижения потерь на трение применяют преимущественно трапецеи­дальную многозаходную резьбу.

- ***установочные,*** применяемые для точных перемещений и регули­ровок. Имеют метрическую резьбу. Для обеспечения безлюфтовой пере­дачи гайки делают сдвоенными.

Большое внимание в винтовых передачах, применяемых в металлорежущих станках и приборах, уделяют устранению мертвого хода, возникающего при изменении направления движения. Наличие мертвого хода объясняется зазором в резьбе вследствие неизбежных ошибок при изготовлении и износа в течение эксплуатации. Для устранения мертвого хода винтовые механизмы снабжают специальными устройствами. При этом различают два способа выборки зазора в резьбе - осевое, применяемое для трапециедальных резьб и радиальное смещение гайки - для треугольных резьб. Первый способ достигается установкой двух раздвигаемых гаек, например, пружиной, второй - разрезной гайки, втягиваемой цанговым зажимом.

Основные показатели качества передач винт – гайка как составной части привода:

а) диапазон выбора передаточного отношения;

б) предельная частота вращения винта;

в) статическая грузоподъемность;

г) динамическая грузоподъемность и долговечность;

д) приведенный момент инерции;

е) жесткость;

ж) кинематическая точность;

з) силы трения и КПД.

***Достоинства и недостатки передачи “винт-гайка”***

***Достоинства и недостатки передачи винт-гайка скольжения***

*Основные достоинства:*

1.возможность получения большого выигрыша в силе;

2. высокая точность перемещения и возможность получения медленного движения;

3. плавность и бесшумность работы;

4. большая несущая способность при малых габаритных размерах;

5. простота конструкции.

*Недостатки передач винт-гайка скольжения:*

1.большие потери на трение и низкий КПД;

2. затруднительность применения при больших частотах вращения.

***Достоинства и недостатки шариковинтовой передачи***

*Основные достоинства:*

1. малые потери на тре­ние. КПД передачи достигает 0,9 и выше (сборка без предварительного  натяга);

2. высокая несущая способ­ность при малых габаритах;

3. низкий приведенный коэффициент трения покоя и высокая кинематическая чувствительность (возможность получения малых и точных перемещений);

4. отсутствие осевого и радиального зазоров (то есть мертвого хода);

5. надежная работа в широком диапазоне температур в вакууме;

6. малый износ рабочих поверхностей винта и гайки, обеспечивающий высокую точность и равномерность поступательного движения;

7. высокий ресурс.

*Недостатки.*

1. Требование высо­кой точности изготовления, слож­ность конструкции гайки.

2. Относительная сложность и трудоемкость изготовления (особенно операции шлифования специального профиля резьбы гайки и ходового винта).

3. Требо­вание хорошей защиты передачи от загрязнений.

***Применение передачи “винт-гайка”***

Наиболее характерными областями применения передачи винт – гайка являются:

- поднятие грузов (домкраты);

- нагружение в испытательных машинах;

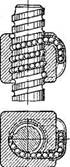
- осуществление рабочего процесса в станках (винтовые процессы);

- управление оперением самолетов (закрылки, руки направления и высоты, механизмы выпуска шасси и изменения стреловидности крыла);

- перемещение рабочих органов робота;

- точные делительные перемещения (в измерительных механизмах и станках).

В шариковинтовых передачах при вращении винта шарики вовлекаются в движение по винтовым канавкам (см. рис. 4), поступательно перемещают гайку и через перепускной канал возвращаются обратно. Перепускной канал выполняют между соседними или между первым и последним (рис. 4) витками гайки. Таким образом, перемещение шариков происходит по замкнутой внутри гайки траектории.

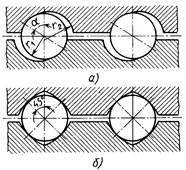


**Рис. 4. Передача винт-гайка с трением качения**

В станкостроении применяют трехвитковые гайки. Пе­репускной канал выполняют в специальном вкладыше, который встав­ляют в овальное окно гайки. В трехвитковой гайке предусматривают три вкладыша, расположенные под углом 120° один к другому и смещен­ные до длине гайки на один шаг резьбы по отношению друг к другу. Таким образом, шарики в гайке разделены на три (по числу рабочих вит­ков) независимые группы. При работе передачи шарики, пройдя по вин­товой канавке на винте путь, равный длине одного витка, выкатываются из резьбы в перепускной канал вкладыша и возвращаются обратно в ис­ходное положение на тот же виток гайки.

Шариковинтовые передачи выполняют с одной или чаще с двумя гайками, установленными в одном корпусе. В конструкциях с двумя гайками наиболее просто исключить осевой зазор в сопряжении винт-гайка и тем самым повысить осевую жесткость пере­дачи и точность перемещения. Устраняют осевой зазор и создают пред­варительный натяг путем относительного осевого (например, с помо­щью прокладок) или углового смещения двух гаек.

Наибольшее распространение получил полукруглый профиль канавок с радиусом, превышающим на 3…5% радиус шариков, и с углом контакта α = 45° (рис. 4.1, *а*).



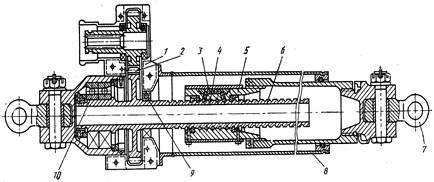
**Рис.4.1. Профиль канавок передачи винт-гайка качения**

Успешно применяют также профиль «стрельчатая арка» (рис. 4.1, *б*), который сложнее в изготовлении, но позволяет создать предварительный натяг подбором диаметров шариков.

В станкостроении шариковинтовые передачи изготавливают централизованно по ОСТ 1-1-72-6-81 под нагрузку от 9 до 90 кН (0,9…9,0 т).

Прямолинейный профиль резьбы (треугольный, трапециевидный) является наиболее технологичным, но значительно уступает по нагрузочной способности криволинейному (так допускаемая нагрузка на шарик, находящийся в желобе с профилем в виде дуги окружности, более чем в три раза выше допускаемой нагрузки на шарик, лежащий на плоской поверхности треугольного или трапецеидального профиля). Поэтому прямолинейный профиль резьбы применяют в шариковинтовой передаче для восприятия небольших осевых нагрузок в приборах.

На рис. 4.2 показан шариковинтовой механизм, применяемый в узле изменения стреловидности крыла сверхзвукового самолета. Движение к вращающемуся винту 6 передается от конического редуктора через зубчатую цилиндрическую передачу 2, понижающую частоту вращения винта. С помощью винтовой резьбы и шариков 4 вращение винта преобразуется в поступательное перемещение гайки 5. Непрерывность циркуляции шариков обеспечивается перепускным каналом 3, выполненным в гайке. Узлом крепления 7 гайка связана с крылом самолета. Винт в корпусе ШВМ 1 фиксируется радиальными 9 и радиально-упорными 10 шарикоподшипниками. Для предохранения пары винт-гайка от загрязнения в конструкции ШВМ предусмотрен защитный кожух 8.



**Рис.4.2. Шарико-винтовой механизм привода изменения стреловидности крыла самолета**

***Конструкция и материалы передач «винт-гайка»***

По конструкции винт представляет собой цилиндрический стер­жень цельной (см. рис.2) или сборной конструкции с резьбой.

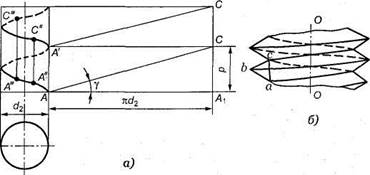
*Резьба образуется путем нанесения на цилиндрический стержень винто­вых канавок с сечением определенного профиля.*

По форме профиля резьбы делят на треугольные (рис. 19, *а),*прямо­угольные (рис. 19, б), трапецеидальные (рис. 19, *в),*упорные (рис. 19, *г),*круглые (рис. 19, *д).*

**Рис. 19. Профили резьб: *а*— треугольная; *б*— прямоугольная;**

***в* – трапецеидальная; *г —*упорная; *д —*с круговым профилем**

Винтовая линия образуется, если прямоугольный треугольник *ААХС*(рис.20) огибать вокруг прямого кругового цилиндра.



**Рис. 20. Схема образования резьбы**

Винтовую линию образует навиваемая на цилиндр гипотенуза *АС*тре­угольника, при этом один из катетов, совпадающий с плоскостью основа­ния цилиндра по длине, равен длине окружности основания http://www.detalmach.ru/lect5.files/image054.gif*,*а второй катет — шагу винтовой линии.

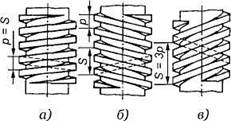
На рис. 20, *б*показана резьба треугольного профиля. При перемеще­нии плоской фигуры, например треугольника *abc*(см. рис. 20, *б),*по вин­товой линии так, чтобы ее плоскость всегда проходила через ось *О—О,*бо­ковые стороны этой фигуры *(ab*и *be)*описывают поверхность резьбы.

*Винтовая линия*(и соответственно резьба) *может быть правой и ле­вой.*

*Правая*винтовая линия идет слева направо и вверх, *левая —*справа на­лево и вверх. Наиболее распространенной в машиностроении является правая резьба. *Угол*http://www.detalmach.ru/lect5.files/image056.gif(рис. 20, *а),*образованный винтовой линией по сред­нему диаметру резьбы *d2*и плоскостью, перпендикулярной к оси винта, на­зывают *углом подъема винтовой линии*(резьбы):

http://www.detalmach.ru/lect5.files/image058.gif

где *S —*ход резьбы (рис. 21).



**Рис. 21. Виды резьб: *а —*однозаходная; *б —*двухзаходная; *в —*трехзаходная**

Длину катета *А*1*С*(см. рис. 20, *а)*обозначают *р*и называют ***шагом вин­товой линии.***Если по «параллельным» винтовым линиям перемещаются два или несколько рядом расположенных профиля, то они образуют многозаходную резьбу. По числу заходов резьбы делятся на однозаходную (см. рис. 21, *а),*двухзаходную (см. рис. 21, *б),*трехзаходную (см. рис. 21, *в)*и т. д. Наибольшее распространение имеет однозаходная резьба.

Для однозаходной резьбы *р = S.*Для многозаходной резьбы *S = pz,*где *S*— ход резьбы; *р*— шаг резьбы; *z*— число заходов.

Длинные винты путем свинчивания делают составными (рис. 22). В передаточных (грузовых и ходовых) винтах чаще применяют *трапецеи­дальную резьбу*со средним шагом. Резьбу с мелким шагом применяют для делительных перемещений повышенной точности, с крупным — при тяже­лых условиях работы силовой передачи.

http://www.detalmach.ru/lect5.files/image060.jpg

**Рис. 22. Составной винт**

Наибольшее распространение имеет трапецеидальная резьба со средним шагом. Трапецеидальную резьбу с мелким шагом используют при относительно небольших перемещениях, а с крупным шагом - при тяжелых условиях эксплуатации. Эта резьба обладает высокой прочностью витков, технологична в изготовлении и имеет сравнительно небольшие потери на трение. Трапецеидальная резьба стандартизована (ГОСТ 9484 – 81, ГОСТ 24737 – 91, ГОСТ 24739 – 81).

Для передач с большими односторонними нагрузками (прессы, домкраты, нажимные устройства прокатных станов и др.) применяют упорную резьбу.

Для точных винтов измерительных и делительных механизмов иногда применяют метрическую резьбу мелкого шага.

Реже (для передаточных винтов) применяют прямоугольную резьбу. Прямоугольная резьба не стандартизована и применяется сравнительно редко, ее нельзя фрезеровать, а нарезание на токарном станке менее производительно, чем фрезерование.

В некоторых случаях применяется также резьба круглого профиля (там, где имеется опасность повреж­дения острых кромок, например, в пожарном оборудовании, в цоколях электрических ламп).

Для шариковых винтовых пар применяют специальные профили резьб, одна из которых показана на рис. 4.

Конструкции винтов должны удовлетворять общим требованиям, предъявляемым к конструкции валов, т.е. не иметь резких переходов, кольцевых выступов большого диаметра и т. п.

Материалы винта и гайки должны представлять антифрикционную пару, т.е. быть износостойкими и иметь малый коэффициент трения. Выбор марки материала зависит от назначения передачи, условий рабо­ты и способа обработки резьбы.

Слабонапряженные и тихоходные винты не подвергаемые закалке, изготавливают из стали 45, 50 или А45, А50, У10 А. Тяжелонагруженные винты подвергают закалке и изготавливают из сталей 65Г, 40Х, 40ХН с пос­ледующей шлифовкой резьбы. Для получения особо твердой поверхности витков применяют азотирование (сталь 18ХСТ, 40 ХФА, 12ХН3А). Азотирование обеспечивает высокую износостойкость и минимальное деформирование при упрочнении, поэтому его рекомендуют применять при изготовлении ходовых винтов станков.

*Гайку в большинстве случаев выполняют в форме втулки 2*(рис. 1),иногда с фланцем для ее осевого крепления (см. рис. 2), цельной или разъемной конструкции (например, гайка, состоящая из двух частей, охва­тывающих ходовой винт в токарно-винторезном станке). В отдельных слу­чаях выполняют гайки более сложных конструкций (с компенсацией изно­са и т. п.).

*Основной причиной выхода из строя передач винт-гайка скольжения является изнаши­вание гайки (реже винта).*Для уменьшения трения и изнашивания резьбы гайки передачи изготовляют из антифрикционных материалов: оловянистых (Бр.ОФ 10-1, Бр.ОЦС 6-6-3) и безоловянистых (Бр.Аж 9-4, АЖ Мц 0-3-1,5) бронз, способных воспринимать большие удельные нагрузки и обладающих хорошими антикоррозионными свойствами и прирабатываемостью. Оловянистые бронзы применяют при окружных скоростях 0,2…0,25 м/с. При меньших скоростях применяют безоловянистые бронзы, которые менее дефицитны, но в паре со сталью имеют более высокий коэффициент трения. При малых скоростях и нагрузках гайки изготавливают из серого (СЧ20, СЧ25) и антифрикционного чугунов АВЧ-1, АКЧ-1 и др. Для уменьшения расхода бронзы гайки делают из двух металлов: корпус гай­ки — из стали или чугуна; рабочую часть гайки — из бронзы, а иногда из баббита.

В шариковинтовой передаче твердость контактируемых поверхностей резьбы винта и гайки определяет нагрузочную способность и долговечность передачи. Рабочие поверхности закаливают до твердости 60 НRC и выше. Винты изготавливают из сталей: ХВГ и 7ХГ2ВМ с объемной закалкой, 8ХФ с закалкой ТВЧ и 20Х3МВФ с азотированием. Для гаек применяют стали 9ХС, ШХ15 с объемной закалкой и цементируемые стали 18ХГТ, 12ХН3А и др. Твердость поверхности шариков должна быть не ниже 63НRC (при допускаемых контактных напряжениях 2500 … 3000 МПа).

***Вопросы для самопроверки***

- Как устроена передача винт-гайка скольжения и где ее применяют?

- Какие резьбы применяют для грузовых винтов?

- Каковы преимущества и недостатки винтовых передач скольже­ния по сравнению с передачами качения?

- Почему в домкратах передачу выполняют самотормозящей? Какое при этом должно быть соотношение между углом подъема резьбы и приведенным углом трения?

- Из каких материалов изготовляют винты и гайки?

- Как устраняют осевой зазор в разъемной сдвоенной гайке?

- Чем объяснить большой выигрыш в силе в передаче винт гайка?

- Как определить момент, необходимый для вращения винта или гайки?

- Что является основной причиной выхода из строя передачи винт-гайка скольжения?

- Как выполняют проверочный расчет винта на устойчивость?

- Что понимают под передаточным отношением винтовых передач?

- Как использовать свойство самоторможения винтовых передач?

- В каком случае и как рассчитывают винт на устойчивость?

- Каковы основные виды отказов шариковинтовой передачи? Как определить ресурс передачи?

- Как определить момент, необходимый для вращения винта?

- Каковы основные критерии работоспособности шариковинтовой передачи?

- Как определить ресурс винтовой передачи?

- От чего зависит устойчивость винта?

- От чего зависит диаметр резьбы в передаче?

- Как устроена шариковинтовая передача? Почему шарики не выкатываются из гайки? Где применяют эту передачу?

- С какой целью и как в шариковинтовой передаче создают предварительный натяг?

- Из каких материалов изготовляют винты, гайки и тела качения?

- Как определить момент, необходимый для вращения винта?

- Если дано задание спроектировать передачу винт-гайка делительного ме­ханизма прибора настольного типа с ручным приводом, то по каким форму­лам производят расчет на прочность?