

Дата **7.11.2022 г.** Группа: ХКМ 3/1 Курс: 3 семестр: 5

**Дисциплина:** Техническая механика

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

**Тема занятия:** Передача винт- гайка

**Цель занятия:**

*-методическая* - совершенствование методики проведения практического занятия;

*- учебная* – уметь производить расчет передачи винт- гайка;

*- воспитательная* – обучать учащихся соотносить полученные знания с наблюдаемыми явлениями.

**Вид занятия:** Лекция

**Межпредметные связи:**

*Обеспечивающие:* Техническая механика, инженерная графика

*Обеспечиваемые:* курсовое и дипломное проектирование

## **Рекомендуемая литература**

Основная литература:

- 1.Аркуша А.И. Техническая механика. – Москва, Высшая школа, 2012.
2. Олофинская В.П. Техническая механика. Сборник тестовых заданий. – Москва, Форум, Инфра М, 2014.

Дополнительная литература:

- 1.Аркуша А.И. Руководство к решению задач по теоретической механике. - М.: Высшая школа, 2012.
2. Дунаев П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин. М.: Высшая школа, 2012.
- 3.Ицкович Г.М. Минин М.С., Винокуров А.И. Руководство к решению задач по сопротивлению материалов. – М.: Высшая школа, 2013.

**Видео:**

- <https://yandex.ru/video/preview/15209059550772300303> Передача винт- гайка
- <https://yandex.ru/video/preview/11135731772545546761> Передача винт- гайка
- <https://yandex.ru/video/preview/225134438274010354> Передача винт- гайка

## Тема: Передача винт- гайка (4 часа)

- 1.Общие сведения. Достоинства и недостатки
- 2.Принцип работы и устройство. Область применения
- 3.Материал винтовой пары
4. Передача трением скольжения и трением качения
5. Проектный расчеты передачи с трением качения
6. Проверочный расчеты передачи с трением качения

### 1.Общие сведения. Достоинства и недостатки

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 килоニュ顿ов. 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 оказывается 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  $\mu > 12^\circ$ ). 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.

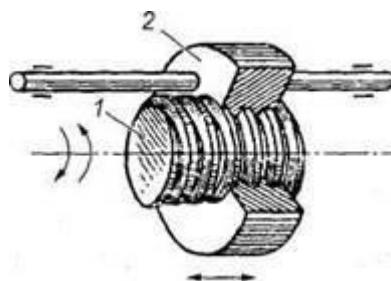


Рисунок 1- Передача винт-гайка

*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 шарикоподшипниковой 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.

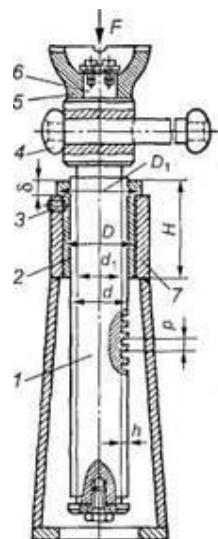
## **2.Принцип работы и устройство. Область применения**

*Различают два типа передач винт-гайка:*

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



**Рисунок 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).

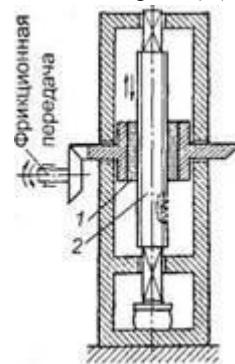


Рисунок 3- Передача винт-гайка: 1 — гайка; 2 — винт

- дифференциальная винтовая передача, которая состоит из винта с двумя участками резьбы разных шагов ( $P_1$  и  $P_2$ ), но одного направления (см.рис.4). 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 ( $P_1 - P_2$ ).

$$S_2 = \frac{\varphi_1 (P_1 - P_2)}{2\pi} \text{ мм.}$$

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

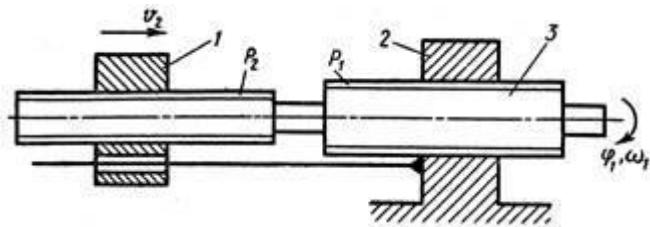


Рисунок 4 - Схема винтовой дифференциальной передачи

- интегральная винтовая передача. Она устроена аналогично дифференциальной, но имеет различные направления резьбы на участках винта. Здесь осевое перемещение гайки относительно стойки пропорционально сумме шагов ( $P_1 + P_2$ ).

$$S_2 = \frac{\varphi_1 (P_1 + P_2)}{2\pi} \text{ мм.}$$

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

- несоосная винтовая передача (рис.5). 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.

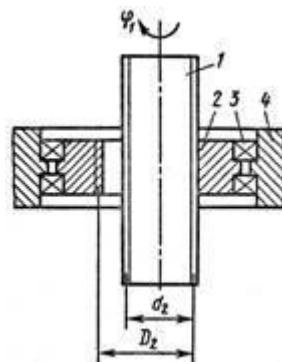


Рисунок 5 - Интегральная винтовая передача

В зависимости от назначения передачи винты бывают:

- **грузовые**, применяемые для создания больших осевых сил. При знакопеременной нагрузке имеют трапециoidalную 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 трапециoidalную многозаходную резьбу.

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

## 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. 6), 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.

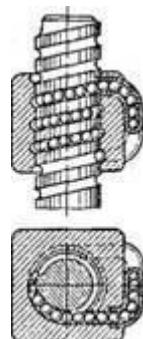


Рисунок 6 - Передача винт-гайка с трением качения

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  $120^\circ$  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  $\alpha = 45^\circ$  (рис. 7, а).

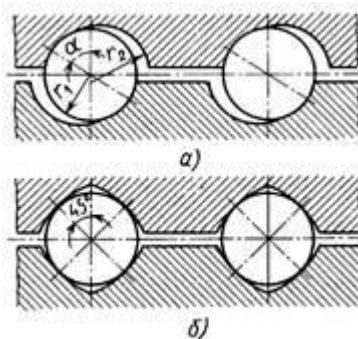


Рисунок 7 - Профиль канавок передачи винт-гайка качения

Успешно применяют также профиль «стрельчатая арка» (рис. 7, 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 трапецидального профиля). Поэтому прямолинейный профиль резьбы применяют в шариковинтовой передаче для восприятия небольших осевых нагрузок в приборах.

На рис.8 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.

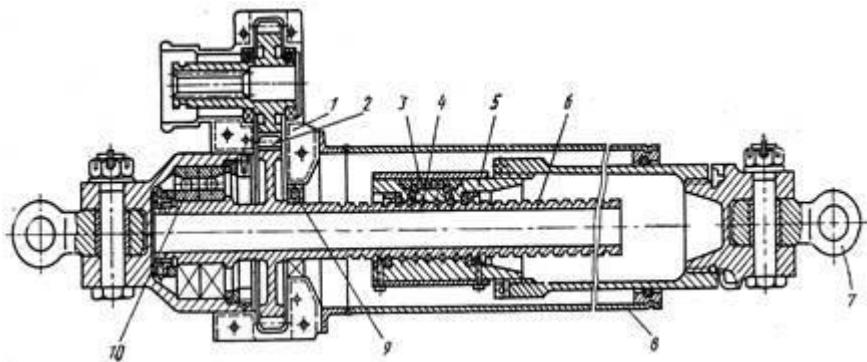


Рисунок 8 - Шарико-винтовой механизм привода изменения стреловидности крыла самолета

### 3. Материал винтовой пары

Наибольшее распространение имеет трапецидальная резьба со средним шагом. Трапецидальную 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. Трапецидальная 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 изготавливают из антифрикционных материалов: оловянных (Бр.ОФ 10-1, Бр.ОЦС 6-6-3) и безоловянных (Бр.Аж 9-4, АЖ М<sub>ц</sub> 0-3-1,5) бронз, способных воспринимать большие удельные нагрузки и обладающих хорошими антикоррозионными свойствами и прирабатываемостью. Оловянные бронзы применяют при окружных скоростях 0,2...0,25 м/с. При меньших скоростях применяют безоловянные 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 нагружочную способность и долговечность передачи. Рабочие поверхности закаливают до твердости 60 HRC 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 63HRC (при допускаемых контактных напряжениях 2500 ... 3000 МПа).

### **Контрольные вопросы**

1. Как устроена передача винт-гайка скольжения и где ее применяют?
2. Какие резьбы применяют для грузовых винтов?
3. Чем объяснить большой выигрыш в силе в передаче винт гайка?

### **Задание для самостоятельной работы:**

1. Краткий конспект вопросов 1,2,3

**2. Посмотреть видео из списка литературы!**

3. Письменно ответить на контрольные вопросы

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

На фотографиях вверху должна быть фамилия, дата выдачи задания, группа, дисциплина. Например: «Иванов И.И, 7.11.2022г., группа ХКМ 3/1, Техническая механика».