

**Методические указания
к лабораторной работе № 1**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕДАЧИ
ВИНТ-ГАЙКА**

Утверждено методической
комиссией кафедры РЛ-5

Москва, 2012

Введение

Известно использование резьбы для разъемного соединения деталей (резьбового соединения). Оно конструктивно выполняется при помощи винта (или болта) и гайки, либо детали с резьбой, выполняющей роль гайки.

Резьба, кроме того, является основой построения винтовой передачи (передачи винт-гайка).

Применение, достоинства и недостатки передачи винт-гайка.

Передачи винт-гайка применяют в механизмах приборов и машин для преобразования вращательного движения в поступательное; кроме того, эти передачи используются для получения значительных осевых усилий при сравнительно малых вращающих моментах. В связи с этим передачи винт-гайка разделяют на:

1. силовые, от которых требуется создание осевых усилий в осевом направлении;
2. кинематические (отсчетные), от которых не требуется создание больших усилий, но которые должны обеспечивать осевые перемещения с заданной, часто высокой точностью.

Наиболее характерные области применения передачи винт-гайка в приборостроении:

- в микрометрических устройствах и приборах точного измерения линейных размеров, для фокусировки объективов и окуляров оптических приборов, в механизмах настройки радиоаппаратуры и волноводов (для преобразования вращательного движения в поступательное перемещение, точно заданное по величине);
- в передаточных механизмах, при этом используется свойство получения в передаче малых линейных перемещений при значительных углах поворота;
- в испытательных стендах для создания значительных осевых усилий при сравнительно небольших крутящих моментах;
- для перемещения кареток, суппортов и аналогичных частей различных испытательных установок, в устройствах подъема антенн, в исполнительных устройствах систем управления положением закрылков и стабилизаторов в летательных аппаратах (в этих случаях используется совокупность получения точных продольно-осевых перемещений и значительных осевых усилий).
- Основными достоинствами передачи винт-гайка являются:
- простота получения медленного движения в осевом направлении;
- возможность достижения высокой точности продольных перемещений;
- способность работать при значительных осевых нагрузках;
- небольшие габариты;
- простота конструкции передачи и ее изготовления.

К недостаткам передачи винт-гайка следует отнести большие потери на трение и, как следствие, низкий коэффициент полезного действия, а поэтому, невозможность применения при больших скоростях перемещений.

Основные характеристики передачи винт-гайка определяются параметрами используемой в ней резьбы. Этими параметрами являются (рис.2):

1. Форма профиля резьбы.

В передачах винт-гайка используют различные по форме резьбы: метрическую (рис.2а), прямоугольную (рис.2б) и трапециидальную (рис.2в).

Метрическую резьбу применяют в винтовых передачах приборов, где нагрузка на винт невелика, трение между винтом и гайкой не имеет существенного значения, а усилия, передаваемые винтом незначительны (отсчетные передачи). Изготовление метрической резьбы проще, чем других видов резьб.

Прямоугольная резьба обеспечивает наименьшее трение в винтовой передаче, но она сложна в изготовлении и не стандартизирована, поэтому применяется реже.

Трапециидальная резьба применяется, как правило, в винтовых передачах оптико-механических приборов, где винтовая пара (винт и гайка) должна иметь малое трение. Потери на трение в трапециидальной резьбе лишь незначительно больше, чем в прямоугольной, но трапециидальная резьба более удобна в изготовлении и более прочна, чем прямоугольная.

2. Наружный диаметр d резьбы является ее номинальным диаметром.

3. Внутренний диаметр d_1 .

4. Средний диаметр d_2 . Средний диаметр резьбы равен $d_2=(d+d_1)/2$.

5. Угол подъема резьбы β (рис.3).

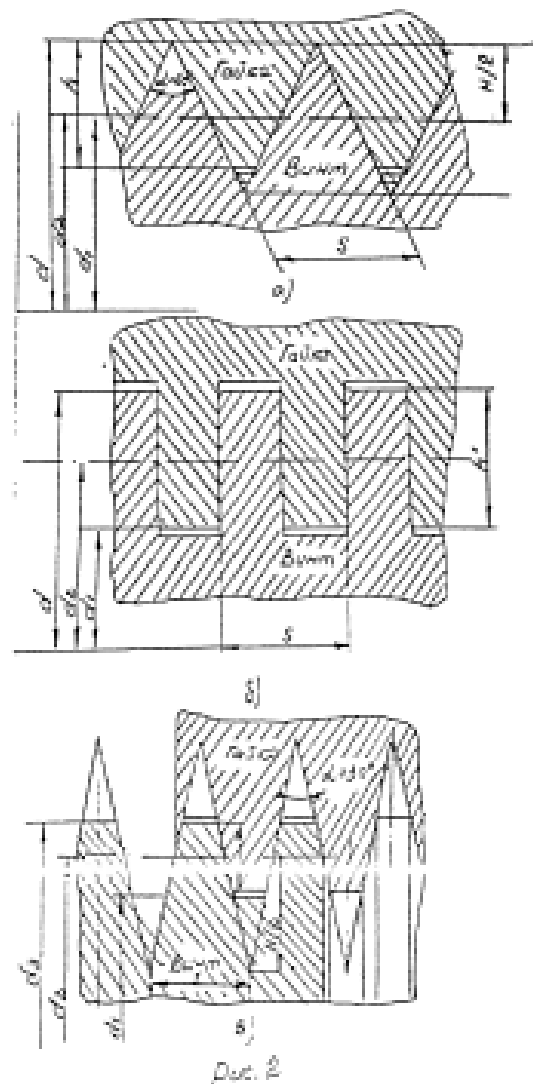
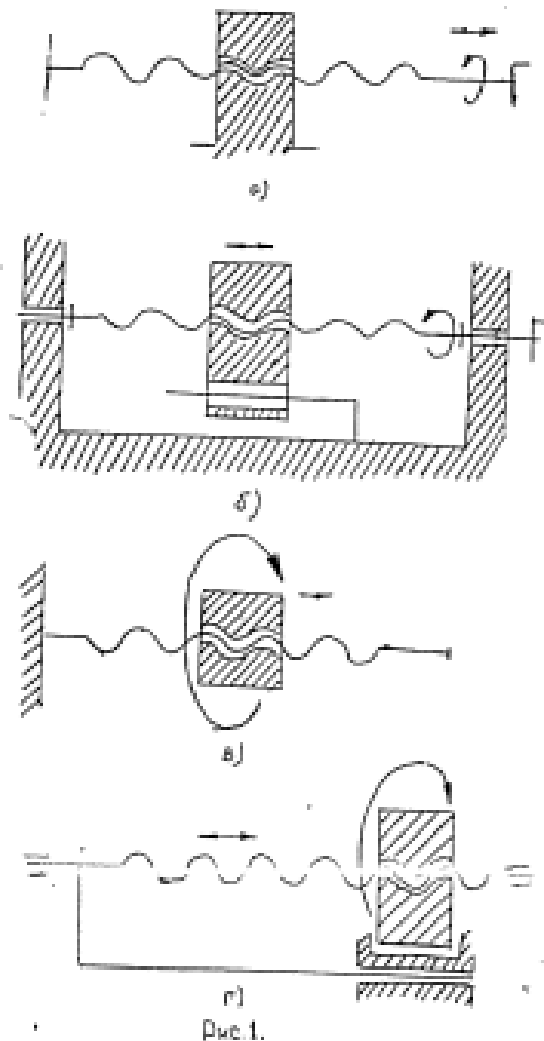
6. Шаг резьбы S .

7. Ход резьбы S_1 – расстояние, на которое переместиться винт (гайка) вдоль осевой линии за один оборот при неподвижной гайке (винте).

8. Число заходов резьбы Z (число ниток резьбы). Для однозаходной резьбы шаг и ход резьбы равны между собой. Из развертки на плоскость винтовой линии по среднему диаметру резьбы (рис.3), следует, что $S_1=d_2 \cdot \operatorname{tg} \beta$.

Для однозаходной резьбы $S_1=d_2 \cdot \operatorname{tg} \beta$, т.к. для нее $S_1=S$. Для многозаходной резьбы (с числом заходов Z) будем иметь $S_1=Z \cdot S$.

Форма и размеры профиля у метрической и трапециидальной резьбы определяются шагом резьбы S , высотой теоретического профиля H – т.е. высотой треугольного профиля с острыми углами, рабочей высотой профиля h – т.е. высотой, на которой поверхности винта и гайки соприкасаются по профилю, углом профиля резьбы α – углом между прямолинейными боковыми сторонами профиля.



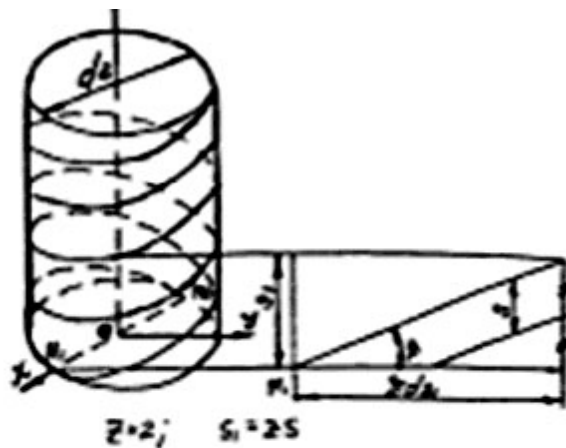


Рис.3

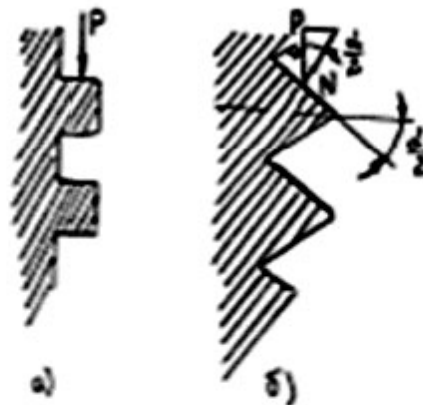


Рис.4

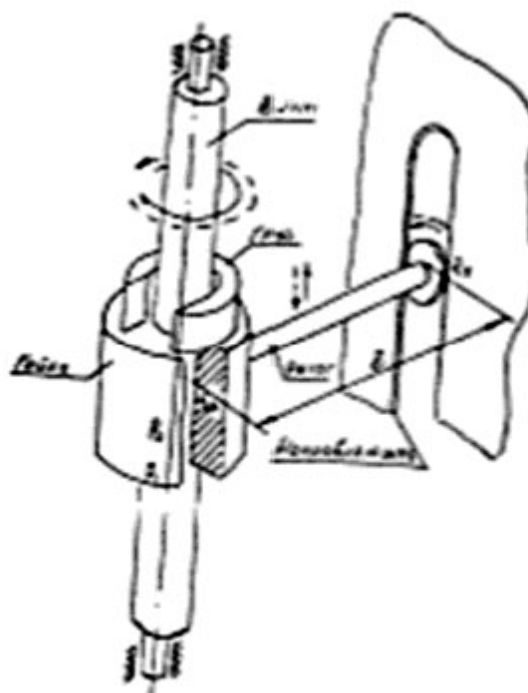


Рис.5

Цель работы:

1. Практическое ознакомление с передачей винт-гайка и ее функционированием.
2. Получение экспериментальных зависимостей, характеризующих работу передачи винт-гайка в виде графиков при различных условиях её нагружения, сопоставление полученных результатов с соответствующими теоретическими зависимостями (в виде графиков).
3. Практическое ознакомление с экспериментальной установкой. Самостоятельное проведение измерений.

Краткие теоретические сведения

Построение и работа передачи.

Деталими винтовой передачи являются:

- 1) винт, в виде цилиндра с наружной резьбой (охватываемая деталь);
- 2) гайка, в виде кольца (втулки) с внутренней резьбой (охватывающая деталь).

- 3) При работе передачи может быть получено:
 - 4) поступательно-осевое перемещение винта при его вращении в неподвижной гайке (рис.1а);
 - 5) поступательно-осевое перемещение гайки, лишенной возможности вращательного движения (но не лишенной возможности поступательного перемещения), при вращении винта, закрепленного в осевом направлении (рис.1б);
 - 6) поступательное движение гайки при ее вращении на закрепленном неподвижном винте (рис.1в);
 - 7) поступательно-осевое движение винта, сообщаемое ему вращающейся гайкой, лишенной возможности двигаться поступательно в осевом направлении (рис.1г).
- Ведущей деталью в винтовой передаче, как правило, является винт.

Коэффициент полезного действия η_3 передачи винт-гайка с трапецеидальной резьбой при эксцентричной нагрузке P_2 (на плече L) без учета веса гайки описывается формулой:

$$\eta_3 = \frac{A_{n3}}{A_3} = \frac{1}{1 + f \frac{L}{b} \frac{\sin \beta}{\sin(\alpha/2)} \cdot [1 + \frac{f}{\sin \beta} (\frac{1}{\cos(\alpha/2) \cos \beta - f \cdot \sin \beta} + \frac{2L}{b \cdot \sin(\alpha/2)})]} \cdot (1)$$

где:

$A_{n3} = \frac{1}{2} P_2 \cdot d_2 \cdot \operatorname{tg} \beta$ – полезная работа при эксцентрической нагрузке;

$$A_3 = \frac{1}{2} P_2 \cdot d_2 [\operatorname{tg} \beta + \frac{f}{\cos \beta} (\frac{1 + f \frac{L}{b} \frac{\sin \beta}{\sin(\alpha/2)}}{\cos(\alpha/2) \cos \beta - f \cdot \sin \beta} + \frac{2L}{b \cdot \sin(\alpha/2)})] -$$

затраченная работа;

f – коэффициент трения;

L – плечо эксцентричной нарезки (расстояние от оси винта до оси действия эксцентричной нагрузки).

Если имеется только осевое нагружение (осевой силой P), это соответствует $L=0$, то коэффициент полезного действия:

$$\eta_{oc} = \frac{A_{no}}{A_o} = \frac{1}{[1 + \frac{f}{\sin \beta} (\frac{1}{\cos(\alpha/2) \cos \beta - f \cdot \sin \beta})]} \cdot (2)$$

где $A_{no} = \frac{1}{2} P \cdot d_2 \cdot \operatorname{tg} \beta$ – полезная работа при осевой нагрузке

$$A_o = \frac{1}{2} P \cdot d_2 [\operatorname{tg} \beta + \frac{f}{\cos \beta} (\frac{1}{\cos(\alpha/2) \cos \beta - f \cdot \sin \beta})] -$$

затраченная работа при осевом нагружении;

P_o – вес гайки;

P_1 – осевая нагрузка;

$P=P_o+P_1$.

При комбинированном нагружении (осевой и эксцентричной силой вместе):

$$\eta_k = \frac{A_{nk}}{A_k} = \frac{A_{nk}}{A_o + A_3}$$

где $A_{нк} = \frac{1}{2} P_{\kappa} \cdot d_2 \cdot \operatorname{tg} \beta$ – полезная работа при комбинированной нагрузке $P_{\kappa} = P_0 + P_1 + P_2$

$$A_{\kappa} = A_0 + A_3 = \frac{1}{2} d_2 \cdot \operatorname{tg} \beta (P + P_2) + \frac{1}{2} d_2 \cdot \frac{f}{\cos \beta} \left[\frac{1}{(\cos(\alpha/2) \cos \beta - f \cdot \sin \beta)} \cdot (P + P_2 + f \cdot P_2 \frac{L}{b} \frac{\sin \beta}{\sin(\alpha/2)}) + P_2 \frac{2L}{b \cdot \sin(\alpha/2)} \right]$$

$$\eta_{\kappa} = \frac{P + P_2}{(P + P_2) + \frac{f}{\sin \beta} \left[\frac{1}{(\cos(\alpha/2) \cos \beta - f \cdot \sin \beta)} \cdot (P + P_2 + f \cdot P_2 \frac{L}{b} \frac{\sin \beta}{\sin(\alpha/2)}) + P_2 \frac{2L}{b \cdot \sin(\alpha/2)} \right]} \quad (3)$$

Конструкция лабораторной установки

Лабораторная установка (рис.6) состоит из: передачи винт-гайка, размещенной между верхним 3 и нижним 4 основаниями; электродвигателя 5; редуктора 6; устройства измерения момента; приспособления для тарировки.

В исследуемой передаче вращается винт 1, установленный вертикально на подшипниках в основаниях и приводимый в движение через редуктор от электродвигателя. Вал электродвигателя и винт передачи винт-гайка соосны. На винте расположена гайка 2, которая лишена возможности поворачиваться, и может лишь перемещаться поступательно вверх и вниз. От поворота гайка удерживается при помощи рычага 7, на конце которого установлен ролик 8, помещенный в прорезь направляющей 9, выполненной в вертикальной стойке. Движение гайки по винту ограничено крайними верхним и нижним положениями, в которых установлены концевые выключатели 14. При нажатии гайкой на верхний из них происходит смена направления вращения винта и гайки начинает двигаться вниз. При нажатии нижнего выключателя отключается питание от двигателя.

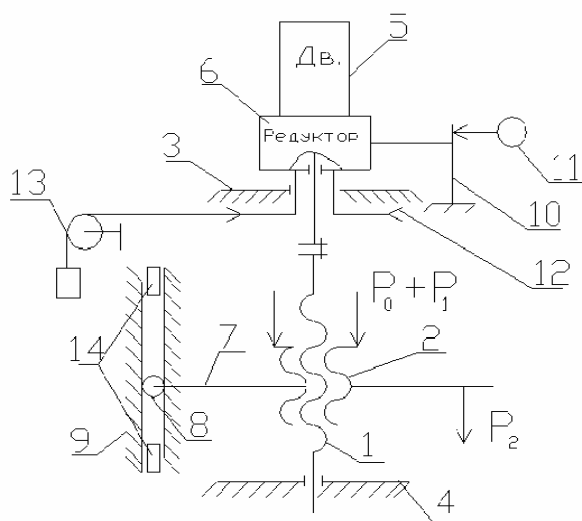


Рис.6

Экспериментальное исследование передачи винт-гайка проводится при движении гайки вверх. Движение гайки вниз считается холостым ходом. При проведении испытаний гайка нагружается осевой и эксцентричной нагрузкой. Для создания осевой нагрузки грузы устанавливаются сверху на самой гайке. Для получения эксцентричной нагрузки гайка снабжена

рычагами, на которые подвешивают грузы. Рычаги снабжены шкалами и насечками для фиксации положения грузов и определения величин плеч (на которые действуют грузы) до оси винта.

На нижнем основании размещены: тумблер включения питания, а также кнопка включения электродвигателя.

В лабораторной работе определяется коэффициент полезного действия передачи винт-гайка. Для того, чтобы можно было его определить по экспериментальным данным, необходимо знать полезную и полную работы, производимые нагруженной передачей. Полезная работа затрачивается на подъем по винту гайки с грузом. Полная работа определяется подводимой к передаче винт-гайка энергией, т.е., считая потери (механические и электрические) в электродвигателе, потери в редукторе, опорах и направляющей незначительными – механической энергией, получаемой от электродвигателя, и может быть найдена по величине создаваемого им крутящего момента, измерение которого производится в настоящей работе.

Метод измерения крутящего момента

В лабораторной установке для определения крутящего момента на валу электродвигателя применено методическое решение, в соответствии с которым производится измерение не момента на валу (роторе), а равный ему по величине, в соответствии с третьим законом Ньютона, момент, приобретаемый статором и, следовательно, корпусом электродвигателя (момент реакции статора) (рис.6). Корпус (статор) электродвигателя закреплен на редукторе. Редуктор конструктивно установлен на верхнем основании 3 так, что имеет возможность поворачиваться относительно основания под действием указанного реактивного момента, передаваемого от электродвигателя вокруг его вала (т.к. вал и основание соосны).

Для измерения реактивного момента электродвигателя в лабораторной работе используется косвенный метод: измерение производится при помощи, установленной на верхнем основании 3 плоской измерительной пружины 10. О величине момента судят по упругой деформации пружины (отмечаемой на индикаторе 11), происходящей за счет момента от электродвигателя, при воздействии на нее рычагом, закрепленным на подвижном редукторе, при его повороте.

Таким образом, устройство для измерения момента включает в себя плоскую измерительную пружину 10 и индикатор (измерительную головку) 11 – измеритель ее упругой деформации.

Используемый метод измерения требует тарировки. При тарировке устанавливается соответствие между величиной упругой деформации измерительной пружины 10 и величиной вызывающего эту деформацию крутящего момента от электродвигателя.

Погрешности измерения момента

При измерении крутящего момента на лабораторной установке погрешность результата измерения включает как составляющие случайную погрешность измерения и систематическую погрешность. Случайная погрешность в большой степени зависит от тщательности проведения измерений. Случайные погрешности неизбежны, т.е. всегда присутствуют в результате эксперимента. Систематическая погрешность зависит от конструкции лабораторной установки, ее элементов и используемых средств измерения.

Сила, с которой, вследствие имеющегося на валу электродвигателя крутящего момента M , рычаг воздействует на измерительную пружину 10 равна (рис.7):

$$F = \frac{M}{r} = \frac{M \cdot \cos \varphi}{\ell}$$

где:

r – плечо силы F ;

ℓ – расстояние от оси вала двигателя (или от оси винта, т.к. они соосны) до точки приложения силы F ;

φ – центральный угол.

Так как деформация измерительной пружины невелика, то при имеющейся величине ℓ можно считать, что $\varphi=0$ и $r=\ell$. Тогда $F=M/\ell$. Исходя из схемы нагружения измерительной

пружины, упругая деформация ее в точке K – линейное перемещение δ_k , измеряемое индикатором (измерительной головкой) равно:

$$\delta_k = \frac{F \cdot a^2 (3\lambda - a)}{6 \cdot E \cdot J} = \frac{2M \cdot a^2 (3\lambda - a)}{E \cdot t \cdot c^3 \cdot \ell} \quad (4)$$

где:

λ и a – расстояния от места крепления пружины (заделки) до точки приложения силы F и до точки контакта с ножкой индикатора (точки K) соответственно;

E – модуль упругости материала пружины;

$J = \frac{t \cdot h^3}{12}$ – момент инерции поперечного сечения пружины;

t – ширина пружины;

c – толщина пружины.

Из формулы (4) имеем:

$$M = \frac{E \cdot t \cdot c^3 \cdot \ell \cdot \delta_k}{2a^2 (3\lambda - a)}.$$

Систематическая погрешность измерения крутящего момента будет, таким образом, определяться погрешностью измерения линейного перемещения $\Delta\delta_k$, а также погрешностями изготовления и взаимного расположения элементов измерительной цепи установки Δa , $\Delta\ell$, Δc , Δt и будет равна:

$$\begin{aligned} \Delta M = & \frac{E \cdot t \cdot c^3 \cdot \ell}{2a^2 (3\lambda - a)} \Delta\delta_k + \frac{E \cdot t \cdot c^3 \cdot \delta_k}{2a^2 (3\lambda - a)} \Delta\ell + \frac{E \cdot t \cdot c^3 \cdot \ell \cdot \delta_k (6\lambda - a)}{2a^3 (3\lambda - a)^2} \Delta a - \\ & - \frac{3E \cdot t \cdot c^3 \cdot \ell \cdot \delta_k}{2a^2 (3\lambda - a)^2} \cdot \Delta\lambda + \frac{E \cdot c^3 \cdot \ell \cdot \delta_k}{2a^2 (3\lambda - a)} \cdot \Delta t + \frac{3E \cdot t \cdot c^2 \cdot \ell \cdot \delta_k}{2a^2 (3\lambda - a)} \cdot \Delta c \end{aligned} \quad (5)$$

Поскольку погрешность, входящая в формулу (5) может принимать как отрицательные, так и положительные значения, то справедливо считать, что максимальная величина погрешностью $\Delta_{\max} M$ равна:

$$\begin{aligned} \Delta_{\max} M = & \frac{E \cdot t \cdot c^3 \cdot \ell}{2a^2 (3\lambda - a)} \Delta\delta_k + \frac{E \cdot t \cdot c^3 \cdot \delta_k}{2a^2 (3\lambda - a)} \Delta\ell + \frac{E \cdot t \cdot c^3 \cdot \ell \cdot \delta_k (6\lambda - a)}{2a^3 (3\lambda - a)^2} \Delta a + \\ & + \frac{3E \cdot t \cdot c^3 \cdot \ell \cdot \delta_k}{2a^2 (3\lambda - a)^2} \cdot \Delta\lambda + \frac{E \cdot c^3 \cdot \ell \cdot \delta_k}{2a^2 (3\lambda - a)} \cdot \Delta t + \frac{3E \cdot t \cdot c^2 \cdot \ell \cdot \delta_k}{2a^2 (3\lambda - a)} \Delta c \end{aligned} \quad (6)$$

Максимальная относительная систематическая погрешность измерения момента при этом будет равна:

$$\frac{\Delta_{\max} M}{M} = \frac{\Delta\delta_k}{\delta_k} + \frac{\Delta\ell}{\ell} + \frac{(6\lambda - a)}{(3\lambda - a)} \cdot \frac{\Delta a}{a} + \frac{3\Delta\lambda}{3\lambda - a} + \frac{\Delta t}{t} + \frac{3\Delta c}{c} \quad (7)$$

СВЕДЕНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

ВНИМАНИЕ!!! Работать разрешается только на исправной экспериментальной установке. Она подключается к сети переменного тока с напряжением 220В и частотой 50Гц. Все провода, имеющиеся в ней и провода, подводящие питание от сети, не должны иметь оголенных участков и концов.

Работа с грузами при тарировке и нагружении передачи винт-гайка требует повышенного внимания. Подвешивание и установка грузов на гайке должно быть надежным – соскакивание грузов недопустимо. Оно может привести к травмам экспериментатора и порче лабораторного оборудования.

Повышенного внимания требуют также винт и гайка исследуемой передачи. В процессе экспериментов оба эти элемента имеющие резьбу, приводятся в движение. Исходя из конструкции установки и способа нагружения гайки, передача винт-гайка оставлена открытой.

ВНИМАНИЕ!!! Во избежание аварии и нанесения травм, запрещается касаться резьбы винта работающей передачи любыми предметами и руками. Экспериментаторы, имеющие длинные волосы, должны их прибрать, во избежание травм при попадании и наматывании на вращающиеся элементы установки.

УСПЕШНОЕ ВЫПОЛНЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ ТРЕБУЕТ НЕУКОСНИТЕЛЬНОГО СОБЛЮДЕНИЯ ПРАВИЛ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ!

ТАРИРОВКА

При проведении экспериментов ставится задача определения момента, приводящего во вращение винт передачи винт-гайка по деформации измерительной пружины. Эта деформация измеряется в процессе эксперимента индикатором 11.

Тарировка представляет собой процесс установления соответствия между известной величиной момента и деформацией измерительной пружины (а, значит, и числом делений индикатора), прогибающейся под действием этого момента. Тарировка имеет своей целью установление цены деления шкалы индикатора в единицах момента (определение тарировочного коэффициента K_T).

Тарировка должна проводиться на установке, обязательно отключенной от электрической сети. Передача винт-гайка должна быть не нагружена (гайка и рычаги должны быть освобождены от грузов).

Приспособление для тарировки состоит из двух блоков (рис.6), один из которых 12 закреплен неподвижно на корпусе редуктора соосно с валом электродвигателя и служит для закрепления шнура и создания известного момента в горизонтальной плоскости. Второй блок 13 имеет возможность свободно вращаться относительно горизонтальной оси, на которой он установлен, и которая, в свою очередь, закреплена на верхнем основании. При помощи этого второго блока 13 сила, создающая момент в горизонтальной плоскости на плече (равном радиусу первого блока), относительно оси вала двигателя, переводится в вертикальную плоскость и может быть легко получена при подвешивании на шнуре известного груза – блок служит для пропускания через него шнура с крючком, на котором подвешиваются тарировочные грузы.

При тарировке с помощью грузов и системы блоков создается известный крутящий момент M_T , вызывающий поворот корпуса редуктора относительно верхнего основания 3. Величина момента M_{Ti} определяется массой используемого для его создания груза m_i в соответствии с формулой:

$$M_{Ti} = m_i \cdot g \cdot D/2 \quad \text{где } D - \text{диаметр блока; } g = 9,81 \text{ м/с}^2.$$

При выполнении тарировки:

1. Перекиньте шнур через блоки 12 и 13 так, чтобы он огибал блок 12 в направлении против часовой стрелки, если смотреть на блок сверху.
2. Подвесьте поочередно на крючке шнура тарировочные грузы, имеющие различную массу: 100г, 200г, 300г, 400г и для каждого груза определите показания (число делений) V индикатора 11.

ВНИМАНИЕ!!! При подвешивании грузов следите, чтобы шнур не соскакивал с блоков. Для уменьшения влияния трения в опорах установки и элементах передачи движения в самом индикаторе 11 на результаты тарировки, можно в процессе ее проведения легко (!) постукивать ладонью по вертикальной стойке установки.

Значения масс тарировочных грузов, значения моментов, вычисленные для них по формуле (масса в кг; момент в Нмм):

$$M_{Ti} = 9.81 \cdot m_i \cdot D/2$$

где $D=60\text{мм}$ – диаметр блока 12; m_i – масса тарировочного груза, а также соответствующие показания индикатора 11 занесите в тарировочную таблицу, которая должна иметь вид:

Таблица 1

№	Масса тарировочного груза, кг	Момент Н·мм	Число делений индикатора V_i	Тарировочный коэффициент K_{Ti}
1.				
2.				

3. Для каждого значения момента M_{Ti} подсчитайте величину тарировочного коэффициента, как: $K_{Ti} = M_{Ti} / V_i$.

Результаты расчетов занесите в тарировочную таблицу. **ПРИМЕЧАНИЕ:** полученные значения тарировочного коэффициента K_{Ti} должны быть близки между собой.

4. Подсчитайте среднее арифметическое значение тарировочного коэффициента K_t , которое зафиксируйте в отчете и используйте при обработке результатов эксперимента.

Определение коэффициента полезного действия по результатам экспериментов

В экспериментальной части лабораторной работы производится измерение величины момента, необходимого для приведения во вращение от электродвигателя винта передачи винт-гайка при различных значениях ее осевой и эксцентричной нагрузки. Измерение производится косвенным методом: для измерения указанного момента служит индикатор 11 (непосредственно измеряющий деформацию измерительной пружины), цена деления шкалы, которого в единицах момента была установлена при тарировке.

Полная работа, совершаемая электродвигателем при повороте винта на $N_{об}$ оборотов – угол $2\pi \cdot N_{об}$ (работа при вращательном движении), равна: $A_1 = 2\pi \cdot N_{об} \cdot M$, где: M – момент, создаваемый двигателем, определяется по показаниям индикатора 11 (с учетом тарировки).

Работа, затрачиваемая при подъеме на высоту $S_1 \cdot N_{об}$ (S_1 – ход резьбы) гайки с грузами по винту, при функционировании передачи винт-гайка (полезная работа) равна: $A_2 = P \cdot S_1 \cdot N_{об}$, где P – суммарная сила действующая на винт: при осевом нагружении $P = P_0 + P_1$;

при эксцентричном нагружении $P = P_2$ (без учета веса гайки);

при комбинированном нагружении $P = P_k = P_0 + P_1 + P_2$.

Коэффициент полезного действия экспериментальной установки определяется как:

$$\eta_{уст} = \eta_{подш} \cdot \eta_{ред} \cdot \eta_{экс} = A_2 / A_1 = (P \cdot S_1) / (2\pi \cdot M)$$

где $\eta_{подш}=0,9$ – КПД подшипников винта; $\eta_{ред}=0,9$ – КПД редуктора; $\eta_{экс}$ – КПД передачи винт-гайка устанавливаемый экспериментально.

Откуда коэффициент полезного действия передачи винт-гайка равен:

$$\eta_{экс} = \frac{P \cdot S_1}{2 \cdot \pi \cdot M \cdot \eta_{подш} \cdot \eta_{ред}} \quad (8)$$

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ И РАСЧЕТОВ

1. После окончания тарировки снимите тарировочные грузы и шнур с блоков 12 и 13 (рис. 6).

2. Определите моменты $M_{ов}$ и $M_{он}$ на оси винта при включении установки, когда ненагруженная гайка соответственно, поднимается в верх и опускается в низ по винту.

Лабораторная установка включается переключением тумблера; при включении загорается контрольная лампа на панели установки. Винт передачи винт-гайка начинает вращаться при нажатии кнопки.

ВНИМАНИЕ: чтобы ускорить изменение направления вращения винта, можно выключить и вновь включить тумблер, после чего нажать пусковую кнопку, не дожидаясь автоматического переключения вращения винта, происходящего в крайнем верхнем положении подъема гайки, или останова винта.

Запишите в отчете полученные показания V_0 индикатора 11 и подсчитанные по формуле $M = K_T V_0$ значения моментов $M_{ов}$ и $M_{он}$.

При подсчете моментов используется определенный ранее тарировочный коэффициент K_T .

ВНИМАНИЕ: перед проведением испытаний проверьте, стоит ли стрелка индикатора 11 на нуле перед пуском электрического двигателя. Поворачивать шкалу индикатора 11 в процессе проведения экспериментов не следует, так как это приведет к искажению результатов опыта.

3. Дальнейшую работу каждый студент выполняет самостоятельно в соответствии с вариантом, указанным преподавателем.

Номера вариантов, условия проведения экспериментов для каждого из них, величины нагрузок указаны в методическом описании лабораторной работы.

Для каждого из режимов работы передачи винт-гайка, соответствующих вашему варианту, определите из эксперимента значения моментов M , необходимых для приведения в действие передачи. Центральная осевая нагрузка P_1 набирается с помощью разновесов, масса каждого из них 500 г.

Эксцентричная нагрузка P_2 устанавливается на рычаге L . Сначала на требуемом расстоянии L подвешивается подвеска с крючком, масса которой 500 г, а затем на стержень подвески устанавливаются грузы, требуемые по условиям опыта. Грузы также набираются разновесами.

После установки груза включается электродвигатель и снимаются показания V индикатора 11. Величина момента M подсчитывается по формуле $M = K_T V$.

Значение коэффициента полезного действия передачи, определяемое по экспериментальным данным подсчитывается по формуле (8) только для движения гайки вверх по винту. Результаты записываются в табл.1.

При движении гайки по винту значения момента M (показания индикатора 11) могут получаться различными, хотя условия проведения опытов остаются неизменными. Причиной этого могут быть неодинаковое качество обработки винта по его длине, различное качество и количество смазки на разных участках винта, изменение зазоров в передаче. Пусковой рывок индикатора принимать во внимание не следует.

В ТАБЛИЦУ ЗАНОСЯТСЯ СРЕДНИЕ ЗНАЧЕНИЯ ПОКАЗАНИЙ ИНДИКАТОРА 11.

ВНИМАНИЕ: при проведении экспериментов следите, чтобы грузы, которыми нагружается гайка, не упирались вверх и не ложились на нижнее основание установки соответственно в крайних верхнем и нижнем положении гайки при работе передачи.

4. Определите значения КПД, пользуясь приведенными выше аналитическими зависимостями для осевого и эксцентричного нагружения. При центральной осевой нагрузке расчет ведется по формуле (2). Для расчетов с комбинированной нагрузкой используется формула (3).

ВНИМАНИЕ: аналитический расчет ведется для тех же значений P , P_2 и L , при которых проводилась экспериментальная часть лабораторной работы в соответствии с указанным вариантом. Результаты расчетов заносятся в таблицу 2, форма которой приведена в конце описания. Необходимые данные для расчетов приведены в этой таблице.

5. По результатам расчетов и экспериментов, приведенным в табл.1 и 2, постройте графики теоретической и экспериментальной зависимостей.

6. Вычертите схему установки (рис. 6).

7. Проанализируйте полученные результаты, объясните их.

8. Подсчитайте максимальную величину относительной систематической погрешности измерения момента $\frac{\Delta_{\max} M}{M}$, предварительно измерив a, t, c, l, λ .

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

В представляемом для защиты отчете должны быть:

1. Указаны наименование и цель работы.
2. Вычерчена схема лабораторной установки (рис.6).
3. Приведены формулы, по которым велись расчеты и исходные данные для расчетов.
4. Приведены таблицы с результатами тарировки, экспериментов и расчетов.
5. Графики зависимостей вашего варианта (желательно на миллиметровке и в едином масштабе по осям координат для всех графиков). Отчет должен быть подписан студентом с указанием его группы. Каждый студент делает свой отчет самостоятельно.

ЭКСПЕРИМЕНТ

Характеристика резьбы: резьба трапецеидальная, однозаходная: $S_1=2\text{мм}$.

Результат тарировки: $K_t = [H\text{мм}/\text{деление}] P_0 = 3,72\text{ Н}$; $\eta_{\text{поди}} = 0,9$; $\eta_{\text{ред}} = 0,9$

Результаты испытаний при отсутствии нагрузки:

- при подъеме гайки по винту: $V_o = \underline{\hspace{2cm}}$; $M_{ov} = \underline{\hspace{2cm}}$
- при опускании гайки по винту: $V_o = \underline{\hspace{2cm}}$; $M_{on} = \underline{\hspace{2cm}}$

Таблица 2

№	Условия проведения опыта			Результаты			
	P_1 Н	L мм	P_2 Н	Для осевого нагружения $P = P_0 + P_1$ для комбинированного нагружения $P = P_k = P_0 + P_1 + P_2$	$V_{\text{дел}}$	M Нмм	К.П.Д. η

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

Характеристики резьбы: резьба трапецеидальная, однозаходная; $d=14\text{мм}$, $\alpha=30^\circ$, $S_1=2\text{мм}$, $\text{tg}\beta = S_1/(\pi \cdot d_2) = \underline{\hspace{2cm}}$, $\beta = \underline{\hspace{2cm}}$.

Для установки № значения параметров равны: $f=0.07$, $\eta_{\text{поди}}=0.9$, $P_0=3.72\text{ Н}$.

Значения геометрических параметров: $L=55\text{мм}$, $b=25\text{мм}$; $d_2=10\text{мм}$.

Расчет коэффициента полезного действия ведется по формуле (3).

Результаты теоретического расчета

Таблица 3.

N_0	P_1	Осевая нагрузка $P = P_0 + P_1$	Результаты расчетов формула (2)	КПД

Результаты теоретического расчета.

Таблица 4.

№	P_1 H	Эксцентрическая нагрузка		Результаты расчетов Формулы (1) и (3)		
		L мм	P_2 H	$P=P_k=P_0+P_1+P_2$ H		КПД η

Примечание: Величины $tg\beta$; β ; вычисляются студентом самостоятельно.

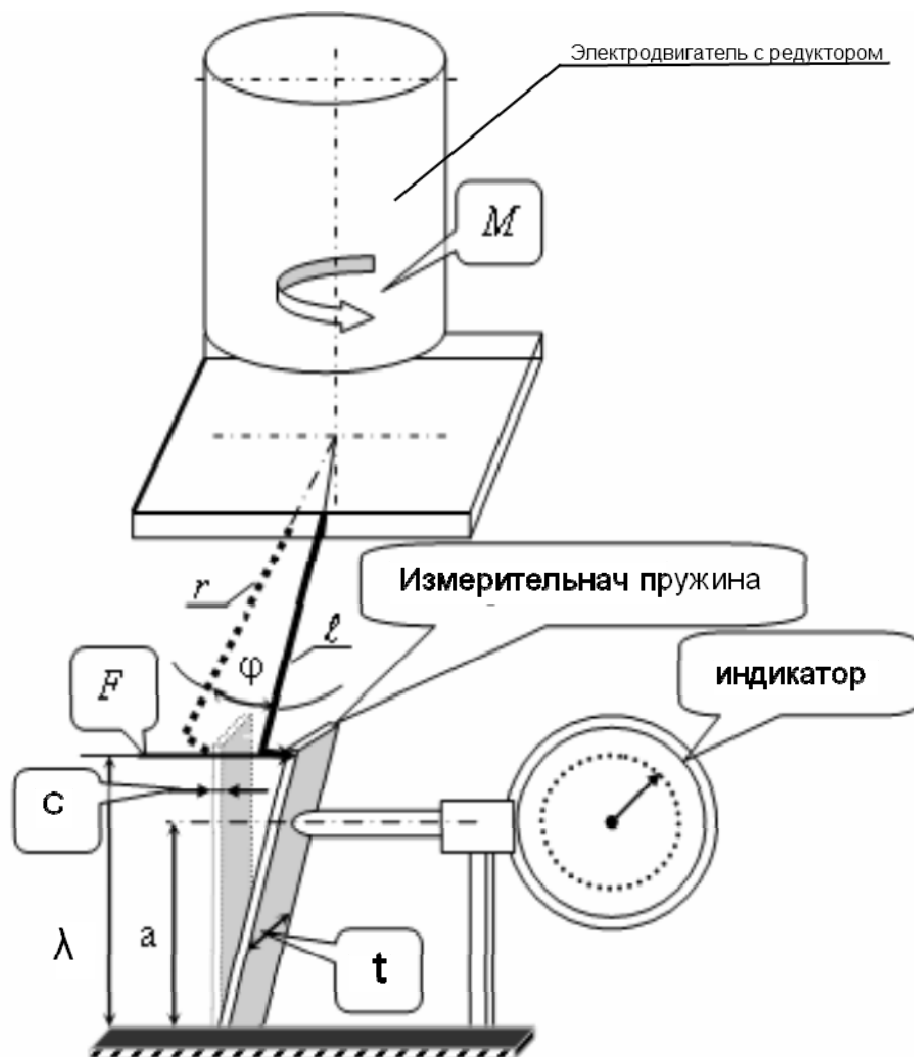


Рис. 6

Вариант	Вид нагружения				Построить по результатам аналитического расчета и эксперимента графики зависимостей
	осевой	эксцентричный			
	Масса груза P_1 кг	плечо	L мм	Масса груза P_2 кг	
1.	0.5	Нет	Нет	Нет	$\eta = f(P)$
	1.0	Нет	Нет	Нет	
	1.5	Нет	Нет	Нет	
	2.0	Нет	Нет	Нет	
	нет	Правое	60	0.5	$\eta = f(P)$ $L = const$
	нет	Правое	60	1.0	
	нет	Правое	60	1.5	
	нет	Правое	60	2.0	
2.	0.5	Нет	Нет	Нет	$\eta = f(P)$
	1.0	Нет	Нет	Нет	
	1.5	Нет	Нет	Нет	
	2.0	Нет	Нет	Нет	
	нет	Правое	60	0.5	$\eta = f(L)$ $P_2 = const$
	нет	Правое	70	0.5	
	нет	Правое	80	0.5	
	нет	Правое	90	0.5	
3.	0.5	Нет	Нет	Нет	$\eta = f(P)$
	1.0	Нет	Нет	Нет	
	1.5	Нет	Нет	Нет	
	2.0	Нет	Нет	Нет	
	нет	Правое	70	0.5	$\eta = f(P)$ $L = const$
	нет	Правое	70	1.0	
	нет	Правое	70	1.5	
	нет	Правое	60	2.0	
4.	0.5	Нет	Нет	Нет	$\eta = f(P)$
	1.0	Нет	Нет	Нет	
	1.5	Нет	Нет	Нет	
	2.0	Нет	Нет	Нет	
	нет	Правое	60	1.0	$\eta = f(L)$ $P_2 = const$
	нет	Правое	70	1.0	
	нет	Правое	80	1.0	
	нет	Правое	90	1.0	