

ОПД.Ф.02.04 ДЕТАЛИ МАШИН
БОЛТОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Методические указания к лабораторным работам

Болтовыми называют разъёмные соединения деталей с помощью элементов, имеющих крепежную резьбу: болтов и гаек (рис.1), винтов и шпилек. При соединении деталей с помощью винтов роль гайки выполняет резьба, нарезанная в одной из соединяемых деталей.

В качестве крепёжной в нашей стране используется резьба метрическая по ГОСТ 24705-81, характеризующаяся параметрами: диаметрами, формой и размерами профиля, шагом, числом заходов и углом подъёма. В болтовых соединениях используется однозаходная резьба.

Наружный диаметр резьбы болта d – диаметр цилиндра, описанного вокруг вершин наружной резьбы. Этот диаметр является номинальным диаметром резьбы.

Наружный диаметр резьбы гайки $D = d$.

Внутренний диаметр резьбы болта d_1 и гайки D_1 – диаметр цилиндра, описанного вокруг вершин внутренней резьбы.

Средний диаметр резьбы болта d_2 и гайки D_2 – диаметр воображаемого цилиндра, на поверхности которого ширина витков равна ширине впадин.

Внутренний диаметр резьбы болта по дну впадин d_3 .

Профиль резьбы (рис.2) – контур сечения витка в плоскости, проходящей через ось резьбы. Метрическая резьба характеризуется углом профиля $\beta = 60^\circ$.

Шаг резьбы P – расстояние между параллельными сторонами профиля двух соседних витков, измеренное вдоль оси.

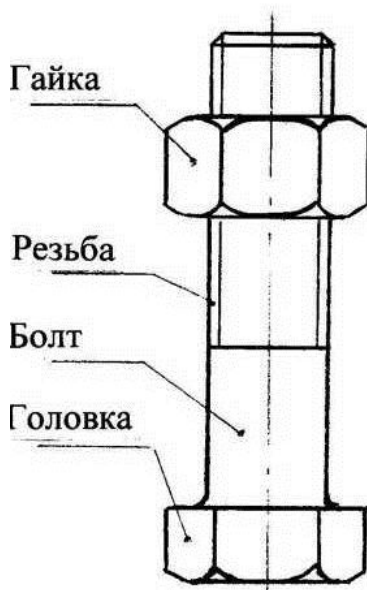


Рис. 1. Болт и гайка

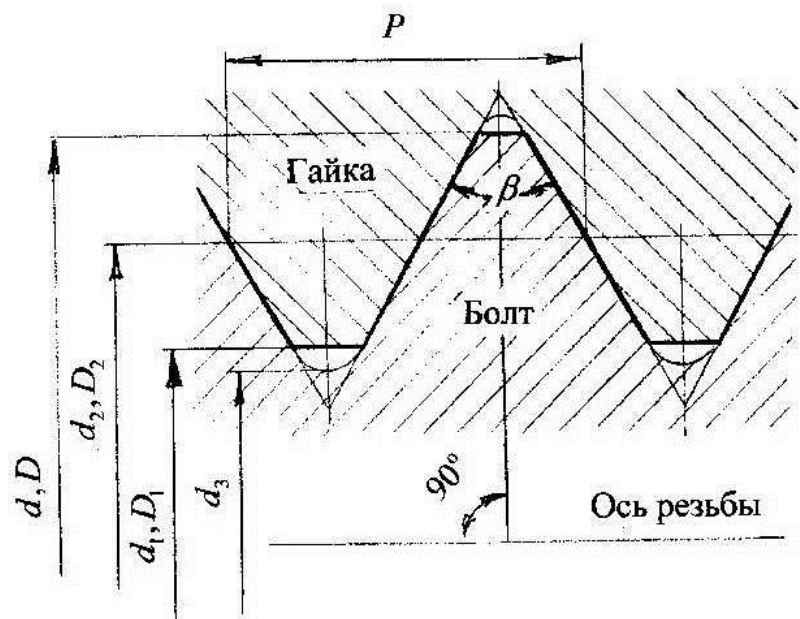


Рис. 2. Профиль резьбы

Метрические резьбы разделяют на резьбы с крупными и мелкими шагами. Резьбу с крупным шагом обозначают буквой М и числом, соответствующим

номинальному диаметру резьбы в мм, например M16, а для резьбы с мелким шагом дополнительно указывают шаг, например M16×1,5.

Чаще для соединения деталей применяют болты. В случаях большой толщины одной из деталей соединения или отсутствия места для расположения гайки применяют соединения винтами (рис.3). Если по условиям эксплуатации соединения требуется его частая разборка и сборка и материал соединяемых деталей не обеспечивает достаточной долговечности резьбы, вместо винтов применяют соединения шпильками (рис.4).

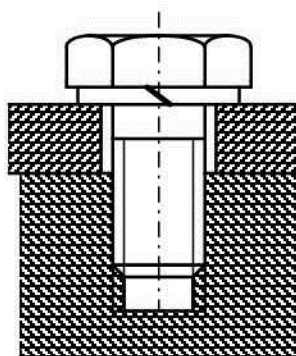


Рис. 3. Соединение
винтом

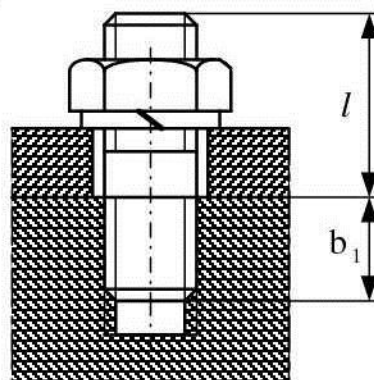


Рис. 4. Соединение
шпилькой

Параметры метрической резьбы приведены в табл. 1.

Таблица 1

Резьба	Шаг резьбы, мм	Диаметр, мм				Запас прочности S
		d	d ₁	d ₂	d ₃	
M10	1,5	10	8,376	9,026	8,160	3,55
M10×1,25	1,25		8,647	9,188	8,466	
M10×1	1,0		8,917	9,350	8,773	
M12	1,75	12	10,106	10,863	9,853	3,37
M12×1,5	1,5		10,376	11,026	10,160	
M12×1,25	1,25		10,647	11,188	10,466	
M12×1	1,0		10,917	11,350	10,773	
M16	2,0	16	13,835	14,701	13,546	3,00
M16×1,5	1,5		14,376	15,026	14,160	
M16×1	1,0		14,917	15,350	14,773	
M18	2,5	18	15,294	16,376	14,933	2,84
M18×2	2,0		15,835	16,701	15,546	
M18×1,5	1,5		16,376	17,026	16,160	
M18×1	1,0		16,917	17,350	16,773	
M20	2,5	20	17,294	18,376	16,933	2,70
M20×2	2,0		17,835	18,701	17,546	
M20×1,5	1,5		18,376	19,026	18,160	
M20×1	1,0		18,917	19,350	18,773	

Пример обозначения болта исполнения 1, диаметром резьбы $d=12$ мм, с размером «под ключ» $S = 18$ мм, длиной $l = 60$ мм, с крупным шагом резьбы, с полем допуска $6g$, класса прочности 5.8 без покрытия:

Болт М 12–6g × 60. 58 (S 18) ГОСТ 7798-70.

То же, исполнения 3, с размером «под ключ» $S = 19$ мм, с мелким шагом резьбы $P = 1,25$ мм, с полем допуска $6g$, класса прочности 10.9, из стали марки 40Х, с покрытием 01 толщиной 6 мкм:

Болт 3 М 12 × 1,25 – 6g × 60. 109. 40 Х.. 016 ГОСТ 7798-70.

Винты при одинаковом диаметре резьбы отличаются формой головки, которая обуславливает ГОСТ на эти винты. Обозначение винтов аналогично обозначению болтов.

Шпильки при одинаковом диаметре резьбы d отличаются длиной конца, ввинчиваемого в деталь b_1 . В зависимости от материала детали, в которую ввинчивается шпилька, различают:

шпильки, ввинчиваемые в резьбовые отверстия в стальных, бронзовых и латунных деталях и деталях из титановых сплавов с $b_1 = 1 d$ ГОСТ 22032-76;

шпильки, ввинчиваемые в резьбовые отверстия в деталях из ковкого и серого чугуна с $b_1 = 1,25 d$ ГОСТ 22034-76 и $b_1 = 1,6 d$ ГОСТ 22036-76;

шпильки, ввинчиваемые в резьбовые отверстия в деталях из лёгких сплавов с $b_1 = 2d$ ГОСТ 22038-76 и $b_1 = 2,5 d$ ГОСТ 22040-76.

Пример обозначения шпильки исполнения 1, диаметром резьбы $d = 16$ мм с крупным шагом $P = 2$ мм, с полем допуска $6g$, длиной $l = 120$ мм, с длиной ввинчиваемого резьбового конца $b_1 = 1,25 d$, класса точности В, класса прочности 5.8, без покрытия:

Шпилька М16– 6g × 120.58 ГОСТ 22034-76.

То же с мелким шагом $P = 1,5$ мм, с полем допуска 3п (3) на ввинчиваемом конце, с крупным шагом $P = 2$ мм, с полем допуска $6g$ на гаечном конце, класса прочности 6.6, с покрытием 05:

Шпилька М16 × $\frac{1,5 - 3П(3)}{6g}$ × 120.66.05 ГОСТ 22034-76.

Элементы болтовых соединений изготавливают из сталей разных марок. Чаще для этого применяют углеродистую качественную конструкционную сталь по ГОСТ 1050-88. Обозначение марки стали содержит слово Сталь и двузначное число, означающее среднее содержание углерода в сотых долях процента, например Сталь 45. В табл.2 приведены пределы текучести сталей в нормализованном состоянии, из которых изготовлены используемые в лабораторных работах болты.

Таблица 2

Сталь	10	15	20	25	30	35	40	45
Предел текучести σ_T , МПа	210	230	250	280	300	320	340	360

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ТРЕНИЯ В РЕЗЬБЕ И НА ТОРЦЕ ГАЙКИ

Цель работы – определить экспериментально значения коэффициентов трения в резьбе (между болтом и гайкой) и на торце гайки (между гайкой и деталью, на которую она опирается,) в зависимости от материалов этих деталей и состояния сопрягаемых поверхностей (шероховатости и наличия смазки).

Описание экспериментальной установки

Установка для определения коэффициента трения в резьбе (первая серия опытов) собирается по рис. 5. Она состоит из сварного корпуса 1, прикрепляемого к крышке стола болтами, между стойками 2 которого расположена динамометрическая пружина 3, имеющая форму правильного полого параллелепипеда с основанием в виде вытянутого овала. Болт 4 подвергаемого исследованию болтового соединения проходит свободно через отверстия в стенках пружины и фиксируется от проворачивания путём охвата его головки сменным сухарём 5, вставленным в левую стойку корпуса. Для исключения нецентрального нагружения болта при деформации динамометрической пружины торец его головки опирается на стенку пружины через сферическую шайбу 6.

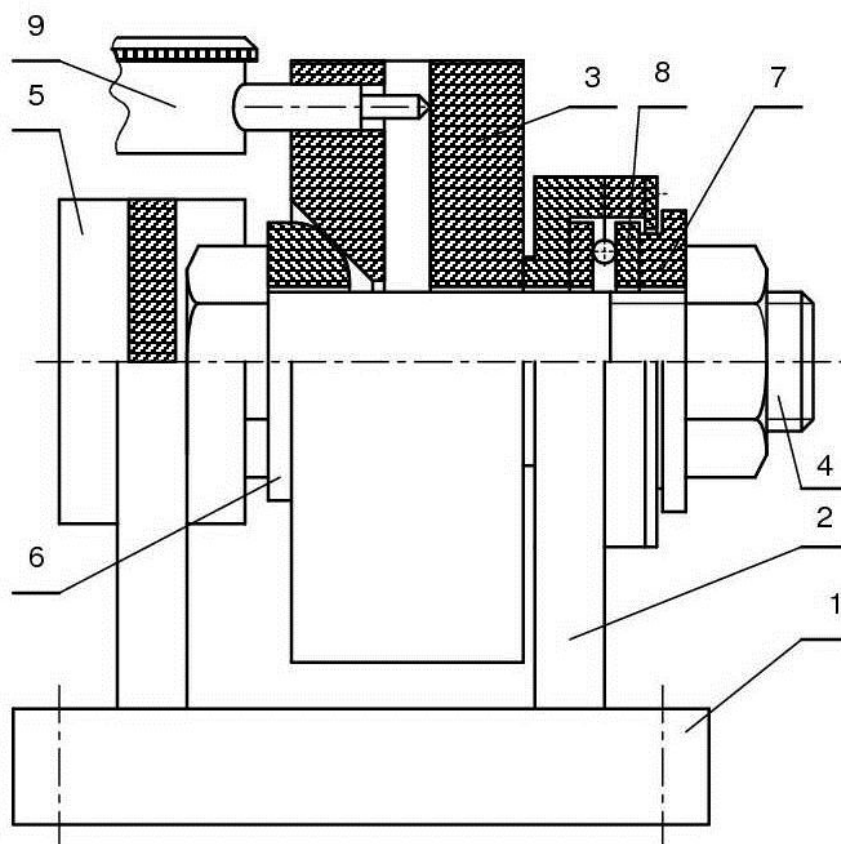


Рис.5. Установка для определения коэффициента трения в резьбе

Торец гайки опирается через втулку 7 на упорный шариковый подшипник 8. При вращении гайки вместе с втулкой будет преодолеваться момент, равный сумме моментов трения в резьбе (между гайкой и болтом) и в упорном подшипнике. Момент трения в подшипнике значительно меньше момента трения в резьбе, поэтому прикладываемый к гайке момент принимается равным моменту трения только в резьбе. Этот момент оценивается по деформации рукоятки динамометрического ключа (рис.6).

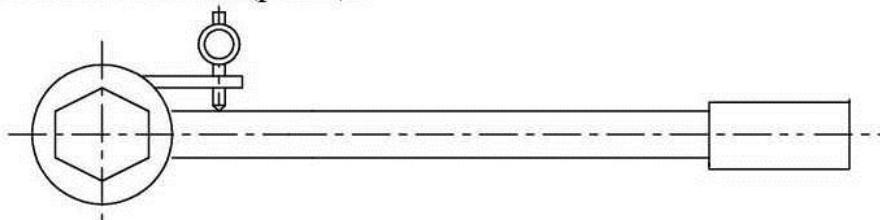


Рис. 6. Ключ динамометрический

Деформация ключа, равная 0,01 мм, соответствует моменту в Нм, создаваемому ключом:

№ 9 – 3,47; № 18 и 38 – 2,95; № 26 – 3,65.

Болт при навинчивании на него гайки будет растягиваться создаваемым в нём осевым усилием, а пружина под действием того же усилия будет сжиматься. Величина упругой деформации пружины оценивается по показаниям установленного на ней индикатора часового типа 9 с ценой деления 0,01 мм. В лабораторных установках используются *динамометрические пружины*, на которых нанесены номера 184 и 290 соответственно. *Деформация каждой из этих пружин в 0.01 мм происходит под действием сжимающего пружину усилия, равного 425 Н.*

Для определения значения коэффициента трения на торце гайки необходимо измерить момент торцового трения. Для этого собирают установку по рис. 7 и проводят вторую серию опытов. Вместо втулки 7 устанавливают шайбу 10, опирающуюся на стойку корпуса 2 и удерживаемую от вращения штифтом 11. При вращении гайки будет преодолеваться крутящий момент, складывающийся из момента трения в резьбе T_p и момента торцового трения гайки о шайбу T_T (рис.8). Крутящий момент, затрачиваемый на вращение гайки, определяется также с помощью динамометрического ключа. Под действием прикладываемого к ключу усилия его рукоятка деформируется. Деформация рукоятки ключа измеряется установленным на нём индикатором часового типа и по тарировочной характеристике ключа переводится в момент, прикладываемый к ключу.

Порядок выполнения работы

1. Получить у лаборанта необходимое для выполнения работы оборудование.
2. Измерить штангенциркулем наружный диаметр d и шаг резьбы P испытуемого болта. По табл. 1 определить соответствующие ГОСТ 24705-81 средний диаметр d_2 и внутренние диаметры резьбы этого болта d_1 и d_3 , а также запас

прочности S .

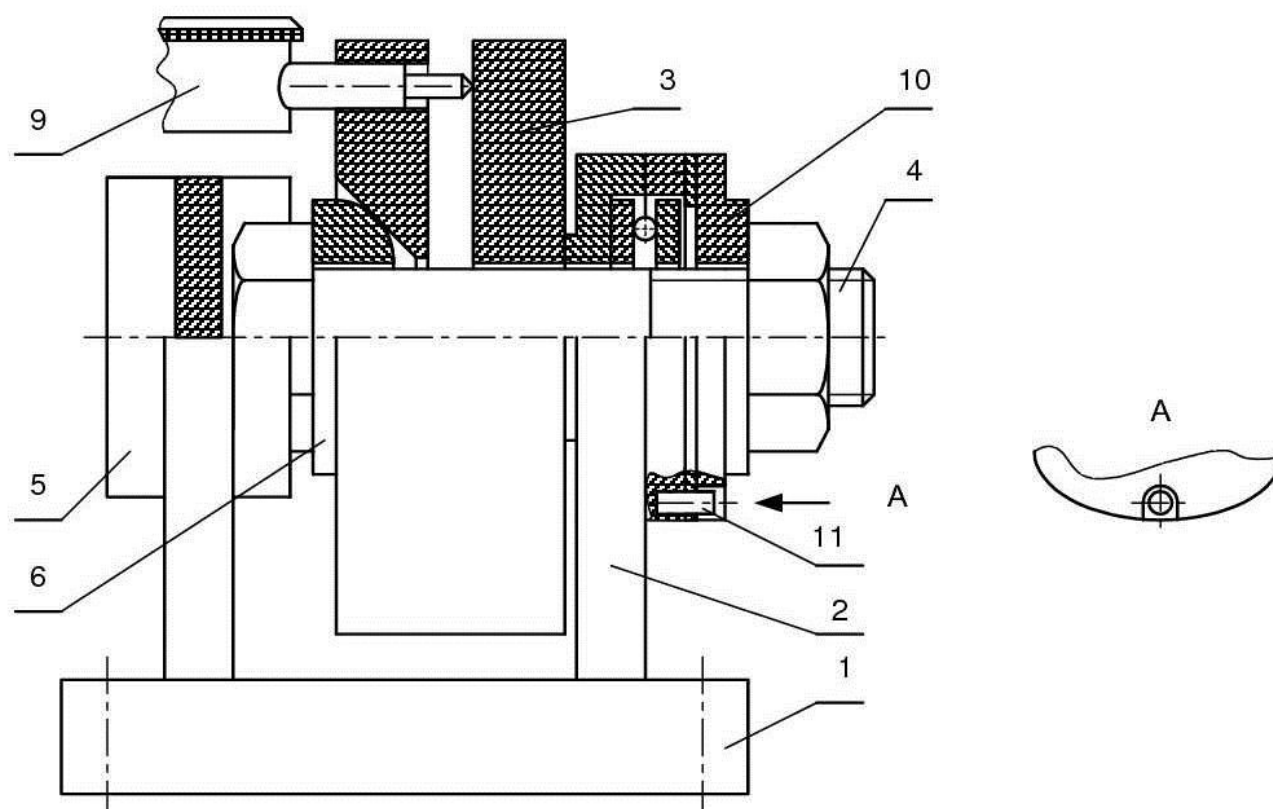


Рис. 7. Установка для определения коэффициента трения на торце гайки

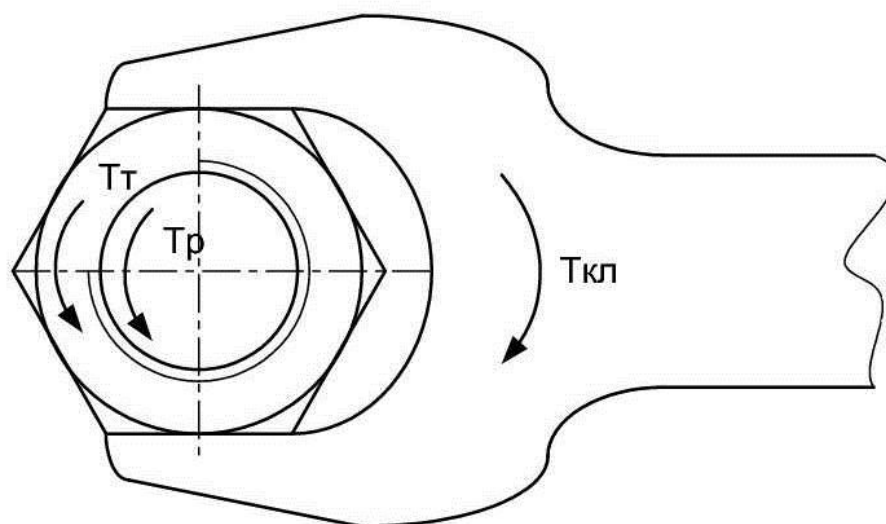


Рис. 8. Соотношение действующих на гайку крутящих моментов

3. Измерить наружный D_H и внутренний D_B диаметры опорной поверхности гайки болтового соединения (рис. 9).

4. Узнав у преподавателя материал болта, определить по табл. 2 предел текучести этого материала σ_T и вычислить значение допускаемого усилия затяжки

болта в ньютонах по формуле

$$F_{\text{ор}} = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4} \cdot \frac{\sigma_T}{1,3 \cdot S}.$$

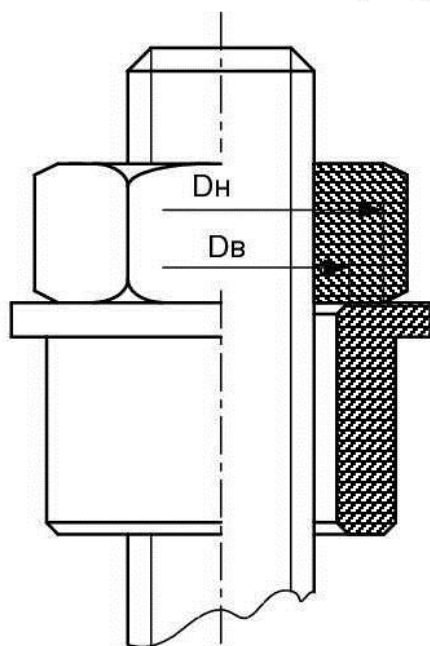


Рис. 9. Размеры опорной поверхности гайки

5. Заполнить табл. 1 отчёта.

6. По тарировочной характеристике динамометрической пружины (см. стр.7) определить деформацию, которую она получила бы под действием усилия, равного допускаемому усилию затяжки болта $F_{\text{ор}}$. Полученное значение деформации пружины округлить в сторону уменьшения до значения, соответствующего целому числу делений установленного на пружине индикатора. Определить расчётом значение усилия, соответствующего округлённому значению деформации пружины, и принять его в качестве наибольшего в эксперименте усилия затяжки болта. Записать его значение и соответствующую ему деформацию пружины в нижнюю строку столбцов 1 и 2 табл. 2 отчёта.

7. Разделив наибольшее усилие затяжки болта на примерно равные четыре части, заполнить остальные строки первых двух столбцов табл. 2 отчёта, записывая усилие по возрастающей. Каждое принятое значение усилия должно строго соответствовать целому числу делений индикатора пружины.

8. Показать результаты расчётов преподавателю и, получив разрешение, собрать установку по рис. 5. Установить индикатор динамометрической пружины, закрепить его винтом и поворотом шкалы индикатора совместить его стрелку с нулевой отметкой. Затем собрать узел болтового соединения.

9. Установить на динамометрический ключ индикатор часового типа с достаточным запасом хода его ножки. Надеть ключ головкой на гайку и повернуть гайку вправо до создания в болте некоторого усилия затяжки (гайка не поворачивается под весом ключа). Установить надетый на гайку ключ под углом к горизонту примерно 45 градусов, оставить его в таком положении (убрать с ключа руки) и поворотом шкалы индикатора совместить его стрелку с нулевой

отметкой. Затем повернуть гайку в другую сторону до снятия нагрузки на болт и убедиться, что стрелка индикатора пружины осталась на нулевой отметке.

10. В проведении эксперимента участвуют одновременно два студента подгруппы. Один вращает с помощью ключа гайку болтового соединения, создавая деформацию пружины по её индикатору в последовательности, записанной во втором столбце табл. 2 отчёта, другой - непрерывно смотрит на индикатор ключа и по сигналу первого считывает мгновенное значение его показаний и записывает это значение в соответствующую строку третьего столбца табл. 2 отчёта. После снятия показаний при наибольшем значении деформации пружины гайку отвернуть до снятия деформации пружины, убедиться в расположении стрелок индикаторов пружины и ключа на нулевых отметках и провести эксперимент ещё дважды.

11. Для каждого значения усилия затяжки болтового соединения определить среднее значение деформации ключа и с помощью тарировочной характеристики ключа перевести её в момент, прикладываемый к ключу. В связи с тем, что момент торцового трения из-за малого значения трения в упорном подшипнике не учитывается, полученный момент ключа T_1 в Нм будет равен моменту трения в резьбе, который, с другой стороны, определяется зависимостью

$$T_1 = T_p = 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot F_0 \cdot d_2 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_E), \quad (1)$$

где $\varphi_E = \operatorname{arctg} f_E = \operatorname{arctg} (f / \cos \theta)$ – эквивалентный угол трения.

Здесь f_E – эквивалентный коэффициент трения;

θ – угол рабочего профиля резьбы. У метрической резьбы $\theta = 30^\circ$.

Равенство (1) позволяет определить значение коэффициента трения f между гайкой и болтом (в резьбе).

Операции по вычислению значения этого коэффициента приводятся в табл. 3 отчёта.

12. Собрать установку по рис. 7 и провести эксперименты по определению коэффициента трения на торце гайки по правилам, изложенным в 10 пункте, и результаты занести в табл. 4 отчёта. Полученный в этих экспериментах момент ключа T_2 равен сумме моментов резьбы и торцового трения. Принимая момент резьбы из результатов первой серии экспериментов, вычисляют момент торцового трения, который, с другой стороны, определяется зависимостью

$$T_T = T_2 - T_1 = 10^{-3} \cdot F_0 \cdot f_1 \cdot \rho,$$

где f_1 – коэффициент трения на торце гайки;

ρ – полярный радиус опорной поверхности гайки

$$\rho = \frac{1}{3} \frac{D_H^3 - D_B^3}{D_H^2 - D_B^2}.$$

Здесь D_H , D_B – соответственно наружный и внутренний диаметры опорной поверхности гайки (см. рис. 9).

Операции по вычислению значения коэффициента трения на торце гайки приводятся в табл. 5 отчёта.

О Т Ч Ъ Т

по лабораторной работе 1

«Определение коэффициентов трения в резьбе и на торце гайки»

1. Эскизы установок для проведения обеих серий испытаний.
2. Исходные параметры болтового соединения

Таблица 1

Диаметры резьбы болта, мм				Шаг резьбы Р, мм	Угол рабочего профиля резьбы θ, град.	Угол подъёма винто- вой линии, град. $\alpha = \arctg(P/\pi \cdot d_2)$
номин. d	средн. d ₂	внутренние d ₁ d ₃				
					Допускаемое усилие затяжки болта $F_{0P} = \pi \cdot d_2^2 \cdot \sigma_T / 4 \cdot 1,3 \cdot S =$	
Материал болта Сталь				МПа	=	Н
Предел текучести стали $\sigma_T =$						
Запас прочности S =						
Размеры опорной поверхности гайки:				наружный диаметр D _н =	мм;	
				внутренний диаметр D _в =	мм.	
Полярный радиус опорной поверхности гайки				$\rho = \frac{1}{3} \cdot \frac{D_H^3 - D_B^3}{D_H^2 - D_B^2} =$	мм.	

3. Результаты первой серии экспериментов

Таблица 2

Усилие затяжки болта F ₀ , Н	Деформация пружины № , мм	Деформация ключа № , мм				Момент ключа T ₁ , Нм
		1	2	3	средняя	

4. Определение коэффициента трения в резьбе f

Таблица 3

Усилие затяжки болта F ₀ , Н	$\alpha + \varphi_E = \arctg \frac{2 \cdot 10^3 \cdot T_1}{F_0 \cdot d_2}$, град.	φ_E , град.	f _E	f = f _E · cos θ	f среднее

5. Результаты второй серии экспериментов

Таблица 4

Усилие затяжки болта F_0 , Н	Деформация пружины № , мм	Деформация ключа № , мм				Момент ключа T_2 , Нм
		1	2	3	средняя	

6. Определение коэффициента трения на торце гайки f_1

Таблица 5

Усилие затяжки болта F_0 , Н	Момент торцового трения T_T , Нм	$f_1 = \frac{10^3 \cdot T_T}{F_0 \cdot \rho}$	Среднее значение f_1

7. Выводы по результатам работы

Работу выполнил студент (№ группы, Ф.И.О.)

Дата

Подпись руководителя

Для зачёта по лабораторной работе нужно представить оформленный отчёт по работе и ответить на вопросы:

1. Устройство и принцип действия применяемых установок.
2. Крепёжные резьбы и их основные параметры.
3. Устройство соединений болтами, винтами и шпильками, области их применения. Конструктивные разновидности болтов, гаек, винтов, шпилек. Способы стопорения резьбовых соединений.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2

ИСПЫТАНИЕ БОЛТОВОГО СОЕДИНЕНИЯ, НАГРУЖЕННОГО ЦЕНТРАЛЬНЫМ СДВИГАЮЩИМ УСИЛИЕМ

Цель работы – установить экспериментальным путём зависимость сдвигающей силы от усилия затяжки болта испытуемого болтового соединения и, сопоставив полученные результаты с данными аналитического расчёта, сделать выводы о степени их соответствия.

Описание экспериментальной установки

Приспособление состоит из винтового пресса (рис. 10) и закреплённого на нём объекта исследования (рис. 11).

Винтовой пресс имеет литую станину 1, в которой закреплены две штанги 2, соединённые сверху поперечиной. В поперечине смонтирована винтовая пара, винт которой жёстко соединён с маховиком 3, а к гайке, совершающей поступательное движение при вращении винта, прикреплён через динамометрическое кольцо 4 ползун объекта исследования 5. Вращением маховика 3 можно быстро поднять или опустить ползун 5. Внутри станины смонтирован механизм подъёма стола 6 с передаточным числом 1000 с приводом от маховичка 7. Этот механизм предназначен для медленного подъёма или опускания стола.

Объект исследования (рис. 11) состоит из двух пластин 1, расположенного между ними ползуна 5 и основания 7, которым оно опирается на стол пресса. Пластины и ползун соединяются и сжимаются между собой с помощью болта 3, вставляемого в отверстия в этих деталях через сменные втулки 4, одна из которых имеет бурт для удержания болта от проворачивания при его затяжке. Пластины в нижней части соединены осью 6 с основанием 7.

Сдвигающее усилие на объект исследования создаётся подъёмом стола пресса вращением маховичка и определяется по деформации динамометрического кольца, которая измеряется установленным на нём индикатором 8 (рис. 10).

Деформации, равной 0,001 мм, соответствует усилие, действующее на кольцо:

*№ 230 – 30,60 Н; № 299 – 30,82 Н; № 1056 – 21,80 Н;
№ 1096 – 20,79 Н; № 1106 – 23,20 Н; № 1119 – 21,30 Н.*

Для создания усилия затяжки болта испытуемого соединения используется динамометрический ключ (см. рис. 6 и стр. 7).

Порядок выполнения работы

1. Получить у лаборанта необходимое для выполнения работы оборудование.

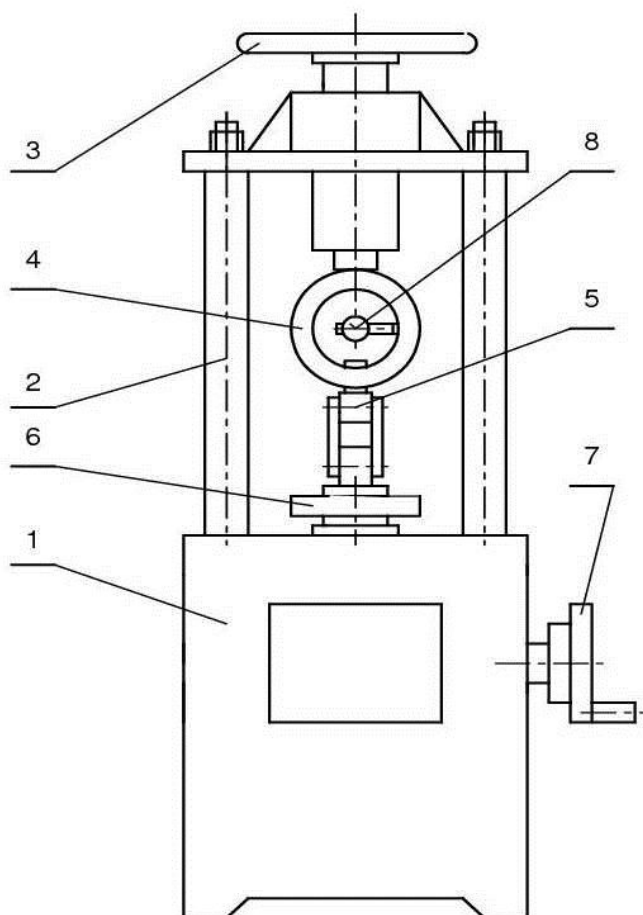


Рис. 10. Пресс винтовой

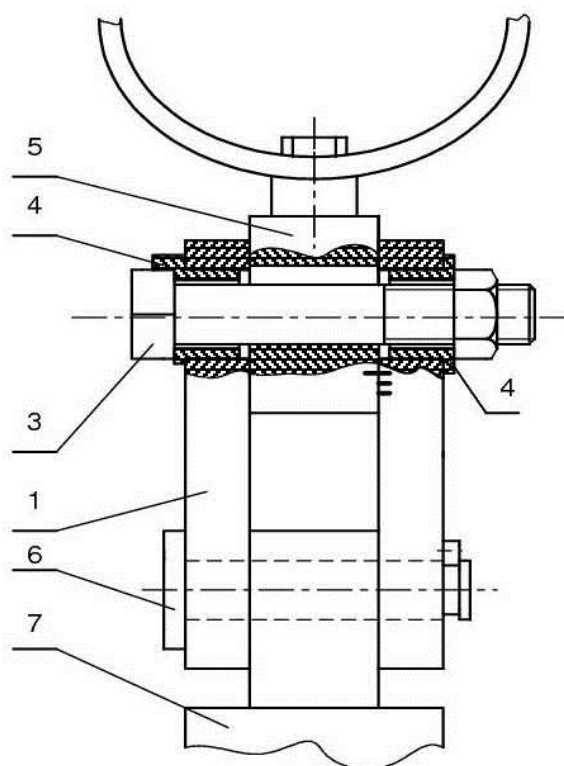


Рис.11. Исследуемое болтовое соединение

2. Измерить наружный диаметр d и шаг резьбы P испытуемого болта.
3. С учётом этих параметров подобрать по табл. 1 стандартную резьбу и выписать из неё необходимые данные для заполнения табл. 1 отчёта по лабораторной работе.
4. Определить измерением размеры опорной поверхности гайки D_B и D_H в мм (см. рис. 9).
5. Узнав у преподавателя материал болта, определить по табл. 2 предел текучести этого материала σ_T и вычислить значение допускаемого усилия затяжки болта в ньютонах по формуле

$$F_{op} = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4} \cdot \frac{\sigma_T}{1,3 \cdot S},$$

где d_3 – внутренний диаметр резьбы болта по дну впадин, мм;

S – запас прочности болта, принимаемый по табл. 1.

6. Принять значения коэффициентов трения в резьбе f и на торце гайки f_1 в соответствии с материалами и состоянием соприкасающихся поверхностей этих деталей. Для стальных деталей с механически обработанными сухими поверх-

ностями сопряжения принимают значения коэффициентов трения в пределах 0,10–0,15, при наличии следов смазки на этих поверхностях в пределах 0,06–0,08.

7. Заполнить табл. 1 отчёта.

8. Рассчитать крутящий момент в Н·м, необходимый для создания допустимого усилия затяжки болта исследуемого соединения, по формуле

$$T_p = 10^{-3} \cdot F_{op} \left[0,5 d_2 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_E) + 0,25 \cdot f_1 (D_H + D_B) \right],$$

где $\varphi_E = \operatorname{arctg} \left(\frac{f}{\cos \theta} \right)$ – эквивалентный угол трения.

Здесь θ – угол рабочего профиля резьбы (см. стр. 10).

9. Используя тарировочную характеристику применяемого в эксперименте динамометрического ключа (см. стр. 7), определить соответствующее полученному расчётом моменту T_p показание установленного на нём индикатора в миллиметрах и перевести его в число делений.

Отбросить дробную часть числа делений, полученное число перевести в миллиметры, принять его в качестве наибольшей деформации ключа и записать его в нижнюю строку третьего столбца табл. 2 отчёта по лабораторной работе. Определить крутящий момент T_{max} как произведение тарировочной характеристики ключа на принятое число делений индикатора и записать его в нижнюю строку второго столбца табл. 2 отчёта. Вычислить соответствующее моменту T_{max} значение усилия затяжки болта в ньютонах по формуле

$$F_0 = 10^3 \cdot T_{max} / \left[0,5 d_2 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_E) + 0,25 \cdot f_1 (D_H + D_B) \right]$$

и записать его в нижнюю строку первого столбца табл. 2 отчёта.

10. Наибольшую деформацию ключа поделить на четыре части так, чтобы каждое значение было равно целому числу делений индикатора, и заполнить оставшиеся строки третьего столбца табл. 2 отчёта. Оставшиеся строки первого и второго столбцов табл. 2 отчёта заполнить по изложенному в пункте 9 правилу.

11. Показать выполненные расчёты преподавателю и, получив разрешение, собрать экспериментальную установку (см. рис. 10 и 11). Установить на динамометрическое кольцо индикатор 8 и совместить его стрелку с нулевой отметкой. **Совместить риску ползуна с верхней риской пластины** и собрать болтовое соединение. Установить на ключ индикатор часового типа, создать в болте небольшое усилие затяжки поворотом надетого на гайку ключа, расположить ключ примерно горизонтально, оставить его висеть на гайке и поворотом шкалы индикатора совместить его стрелку с нулевой отметкой. Вращением ключа в другую сторону освободить болт от усилия затяжки и убедиться в совпадении стрелки индикатора кольца с нулевой отметкой.

12. Вращая подготовленным к эксперименту динамометрическим ключом гайку болтового соединения, создать меньшую из записанных в табл. 2 отчёта деформацию ключа, что будет соответствовать меньшему усилию затяжки болта. Снять ключ с гайки болтового соединения и вращением маховичка 7 поднимать стол 6 винтового пресса, создавая тем самым сдвигающее усилие на испытуемое болтовое соединение. Внимательно следить за перемещением стрелки индикатора динамометрического кольца – и показание индикатора, при котором стрелка

остаётся некоторое время неподвижной или резко пойдёт назад, записать в первую строку четвёртого столбца табл. 2 отчёта. Не откручивая гайку, создать следующее значение усилия затяжки болта и поднятием стола пресса зафиксировать соответствующую этому усилию деформацию динамометрического кольца. То же самое проделать при остальных усилиях затяжки болта.

После снятия показаний при наибольшем значении усилия затяжки болта освободить болтовое соединение от сдвигающего усилия вращением маховичка в противоположную сторону, открутить гайку, проверить соответствие стрелок обоих индикаторов нулевому положению и соответствующих рисков ползуна и пластины, повторить эксперимент ещё дважды.

ВНИМАНИЕ. Стол винтового пресса может перемещаться только в пределах рисков, нанесённых на стойку пресса. При выходе за эти пределы возможна поломка пресса. Следите за этим!

13. Определить среднее значение деформации динамометрического кольца при каждом усилии затяжки болта. Через тарировочную характеристику установленного на прессе динамометрического кольца перевести эту деформацию в сдвигающее усилие, прикладываемое к болтовому соединению, и занести его значение в последнюю графу табл. 2 отчёта.

14. Сделать необходимые расчёты и заполнить табл. 3 и 4 отчёта. При расчёте теоретической сдвигающей силы значение коэффициента трения в стыке деталей принимается в соответствии с состоянием поверхностей пластин 1 и ползуна 5 (см. рис. 11 и стр. 15).

15. Построить графики теоретических и экспериментальных зависимостей сдвигающей силы F_c и коэффициента трения в стыке деталей f_c от усилия затяжки болта F_0 на миллиметровой бумаге и сделать выводы по результатам выполненной работы.

Для зачёта по лабораторной работе нужно представить оформленный отчёт по работе и ответить на вопросы:

1. Устройство и принцип действия применяемой установки.
2. Крепёжные резьбы и их основные параметры.
3. Устройство соединений болтами, винтами и шпильками, области их применения. Конструктивные разновидности болтов, гаек, винтов, шпилек. Способы стопорения резьбовых соединений.

О Т Ч Ё Т
по лабораторной работе 2
«Испытание болтового соединения, нагруженного центральной сдвигающей силой»

1. Эскиз испытуемого болтового соединения.

2. Исходные параметры болтового соединения

Таблица 1

Диаметры резьбы болта, мм				Шаг резьбы Р, мм	Угол рабочего профиля резьбы θ, град.	Угол подъёма винто- вой линии, град. $\alpha = \arctg(P/\pi \cdot d_2)$
номин. d	средн. d ₂	внутренние d ₁ d ₃				
					Допускаемое усилие затяжки болта $F_{0P} = \pi \cdot d_2^2 \cdot \sigma_T / 4 \cdot 1,3 \cdot S =$ = Н	
Материал болта Сталь						
Предел текучести стали $\sigma_T =$ МПа						
Запас прочности S =						
Размеры опорной поверхности гайки:				наружный диаметр D _н =		мм;
				внутренний диаметр D _в =		мм.
Полярный радиус опорной поверхности гайки				$\rho = \frac{1}{3} \cdot \frac{D_H^3 - D_B^3}{D_H^2 - D_B^2} =$		мм.
Принятые значения коэффициентов трения:				в резьбе f =		
				на торце гайки f ₁ =		

3. Результаты эксперимента

Таблица 2

Усилие затяжки болта F ₀ , Н	Момент ключа № Т, Нм	Деформация ключа № мм	Деформация кольца № , мм				Сдвигающая сила F _с , Н
			1	2	3	средняя	

4. Экспериментальное значение коэффициента трения в стыке деталей

Таблица 3

Усилие затяжки болта F_0 , Н				
Коэффициент трения $f_c = F_c / 2 \cdot F_0$				

5. Теоретическое значение сдвигающей силы при принятом значении коэффициента трения в стыке деталей $f_c =$

Таблица 4

Усилие затяжки болта F_0 , Н				
Сдвигающая сила, Н $F_c = 2 \cdot F_0 \cdot f_c$				

6. Графики зависимостей (теоретической и экспериментальной) сдвигающей силы и коэффициента трения от усилия затяжки болта.

7. Выводы по результатам выполненной работы.

Работу выполнил студент (№ группы, Ф.И.О.)

Дата

Подпись руководителя

Библиографический список

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя В 3 т. М.: Машиностроение, 2001. Т. 1.
2. Решетов Д.Н. Детали машин. М., 1989. - 496 с.