

ИСПЫТАНИЕ КЛЕММОВОГО СОЕДИНЕНИЯ
Методические указания

Омск 2009

Составители: Бельков В.Н., к.т.н., профессор,
Захарова Н.В., к.т.н., доц.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 ИСПЫТАНИЯ КЛЕММОВОГО СОЕДИНЕНИЯ

Цель работы

В процессе работы выяснить - какие из простейших расчетных схем клеммовых соединений и при каких условиях лучше согласуются с результатами экспериментов. На основании анализа экспериментального соединения устанавливают рациональность выбранных размеров конструкции.

Описание установки

Клеммовые соединения представляют собой фрикционные соединения по цилиндрической поверхности (рис. 1). Они предназначены для передачи крутящего момента и осевой силы. Конструктивно клеммы выполняются двух типов: разъемные (рис. 1 а) и с прорезью (рис. 1 б). Относительному сдвигу ступицы 1 и вала 2 препятствуют силы трения на поверхности контакта. Необходимое нормальное давление создается затяжкой винтов 3. При затяжке винта ступица деформируется. Условно полагают, что поворот верхней и нижней половины прорезной клеммы происходит относительно точки А (рис. 1 б), причем расстояния С от центра вала до оси болтов и до точки А равны.

Размеры ступицы выбирают из конструктивных соображений. Чем больше отношение наружного диаметра ступицы D к диаметру вала d , тем больше её жесткость и требуется большая сила затяжки болтов для необходимой деформации ступицы. Ступица средней жесткости имеет $D \approx (1,5 - 1,8)d$.

Закон распределения давления на вал по окружности (рис. 1а, б, в) зависит от жесткостей ступицы и вала, а также от величины начального зазора или натяга. Каждому закону распределения давления по окружности вала соответствует своя расчетная схема [1].

На рисунке 1а показана жесткая клемма с начальным зазором, нагруженная крутящим моментом T , на рис. 1б - жесткая клемма с нулевым зазором, нагруженная нецентральной сдвигающей силой F , на рис. 1в - жесткая клемма с натягом, нагруженная осевой сдвигающей силой F_x .

Расчетные зависимости

Рассмотрим три основных случая распределения давления и определим, какую осевую силу может передать клеммовое соединение в зависимости от затяжки болтов.

1. Давление на вал можно заменить сосредоточенной равнодействующей силой N (рис. 1а), так как оно распределяется на небольшом участке. Такое распределение возможно при жесткой ступице

со значительным первоначальным зазором. Жесткой следует считать ступицу, наружный диаметр которой больше 1,8 диаметра вала.

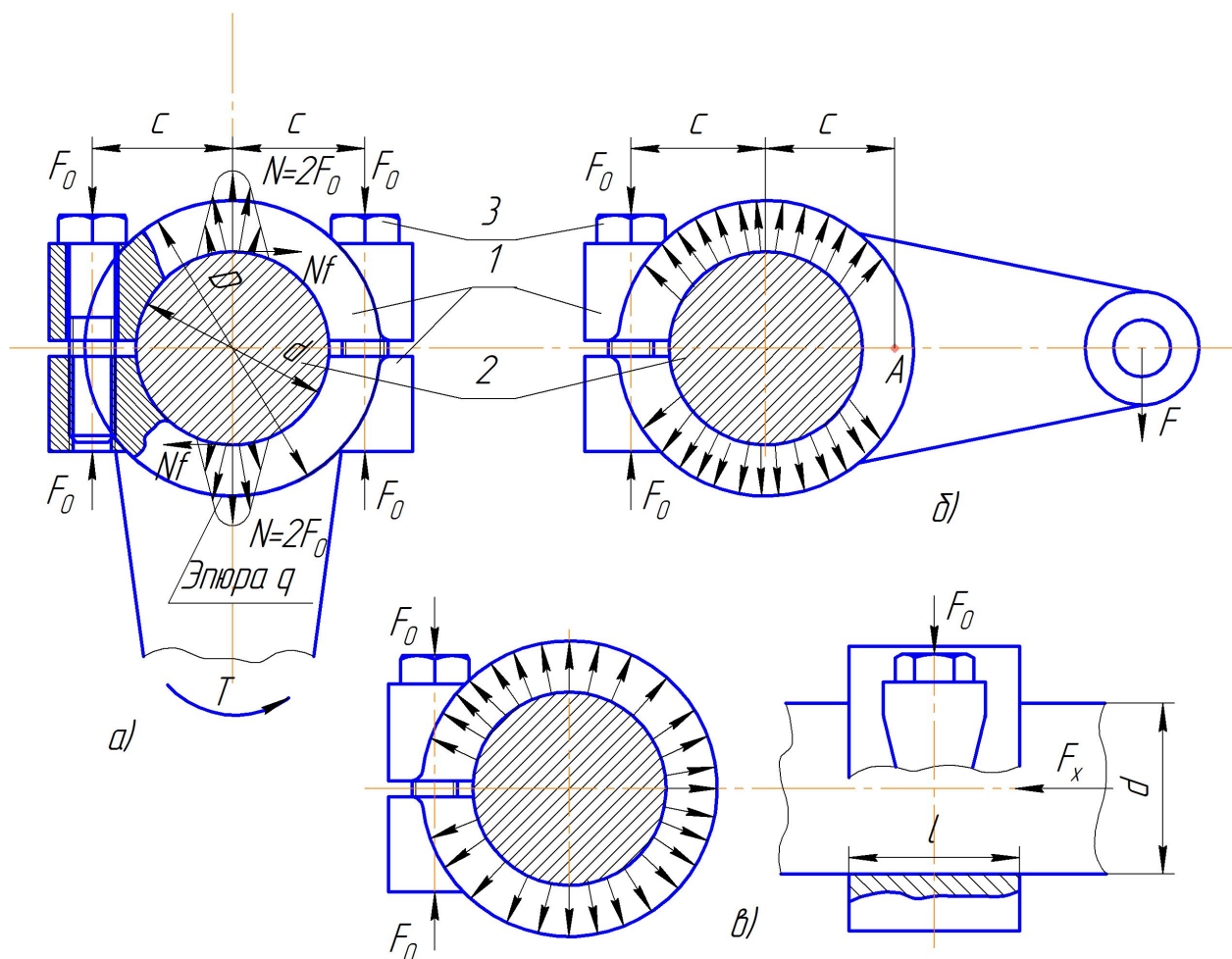


Рисунок 1.

Зависимость передаваемого соединением осевого усилия F_x от силы затяжки винтов F_0 будет выглядеть следующим образом:

$$F_x = 4 \cdot z \cdot f \cdot F_0, \quad (1)$$

где: f - коэффициент трения между втулкой и валом;
 z - число болтов в ряду с одной стороны клеммы.

В испытуемой клемме $z = 1$. Вывод формулы (1) так же, как (2) и (3), приводится в учебниках и в лекционном курсе по деталям машин. При выводе условно считают, что клемма имеет всего $2 \times$ болтов, т.е что по обе стороны вала имеется по z болтов [1].

2. Давление на вал распределяется по косинусоидальному (серпообразному) закону, рис. 1б.

В этом случае формула F_x примет вид:

$$F_x = 5,1 \cdot z \cdot f \cdot F_0. \quad (2)$$

Сравнивая формулу (2) с формулой (1), мы замечаем, что изменился постоянный коэффициент (5,1 вместо 4). Распределение по серпообразному

закону возможно при нежесткой ступице с первоначальным зазором или при жесткой ступице без первоначального зазора (или с малым натягом).

3. Давление на вал распределяется равномерно (рис. 1в).

Такое распределение возможно при жесткой ступице, установленной на вал с первоначальным натягом. В этом случае постоянный коэффициент становится равным 2π (вместо 4 и 5,1 по формулам (1) и (2)).

$$F_x = 2\pi \cdot z \cdot f \cdot F_0. \quad (3)$$

Оборудование

1. Ручной винтовой пресс ДМ - 30.
2. Испытуемое клеммовое соединение 1 и 4 с динамометром 2 для измерения затяжки болта (рис. 2).
3. Стойка 3 (рис.2) для установки испытуемого клеммового. соединения.
4. Микрометр 25 - 50 мм.
5. Микрометрический нутромер 25 - 50 мм.
6. Резьбомер для метрических резьб.
7. Штангенциркуль 0 - 100 мм.
8. Гаечный ключ универсальный разводной.

Подробное описание ручного винтового пресса смотреть в лабораторной работе №2 [2].

Для закрепления стойки в столе пресса предусмотрены Т-образные пазы.

Измерение нагрузка производится путем определения величины деформации динамометрического кольца, с помощью индикатора, укрепленного в кольце. Величину нагрузки определяет по показанию индикатора с помощью тарировочной таблицы динамометрического кольца.

Испытуемое клеммовое соединение состоит из собственно клеммы 1 и динамометрической пружины 2 (рис. 2).

В комплект входит три вала для испытания клеммового соединения с различными натягами и зазорами. На лабораторной работе студенты проводят испытания одного из типов соединения.

Порядок выполнения работы

1. Замерить (штангенциркулем, микрометром и нутромером) основные размеры испытуемого соединения и занести их в отчет (табл. 1). На основе измерения диаметров втулки и вала решить вопрос: какая из трех рассмотренных зависимостей ближе всего должна соответствовать испытуемой клемме.

2. Замерить номинальный диаметр d и шаг P резьбы испытуемого болта клеммового соединения.

3. Определить внутренний диаметр резьбы болта по дну впадин d_3 и средний диаметр резьбы d_2 по ГОСТу 24705 - 81 и заполнить табл. 2 отчета.

4. Узнав у преподавателя марку материала болта, определить значение допускаемого усилия затяжки болта по формуле

$$F_0 = \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{\sigma_T}{1,3 \cdot S}, \quad (4)$$

где: S - запас прочности болта. Принимается по табл.1.

σ_T - предел текучести материала болта. Принимается по табл.2.

Таблица 1

Резьба	Шаг P, мм	Диаметры, мм ²		Запас прочности
		средний	внутренний	
M16	2,0	14,701	13,546	3,00
	1,5	15,026	14,160	
M18	2,5	16,376	14,933	2,84
	2,0	16,701	15,546	

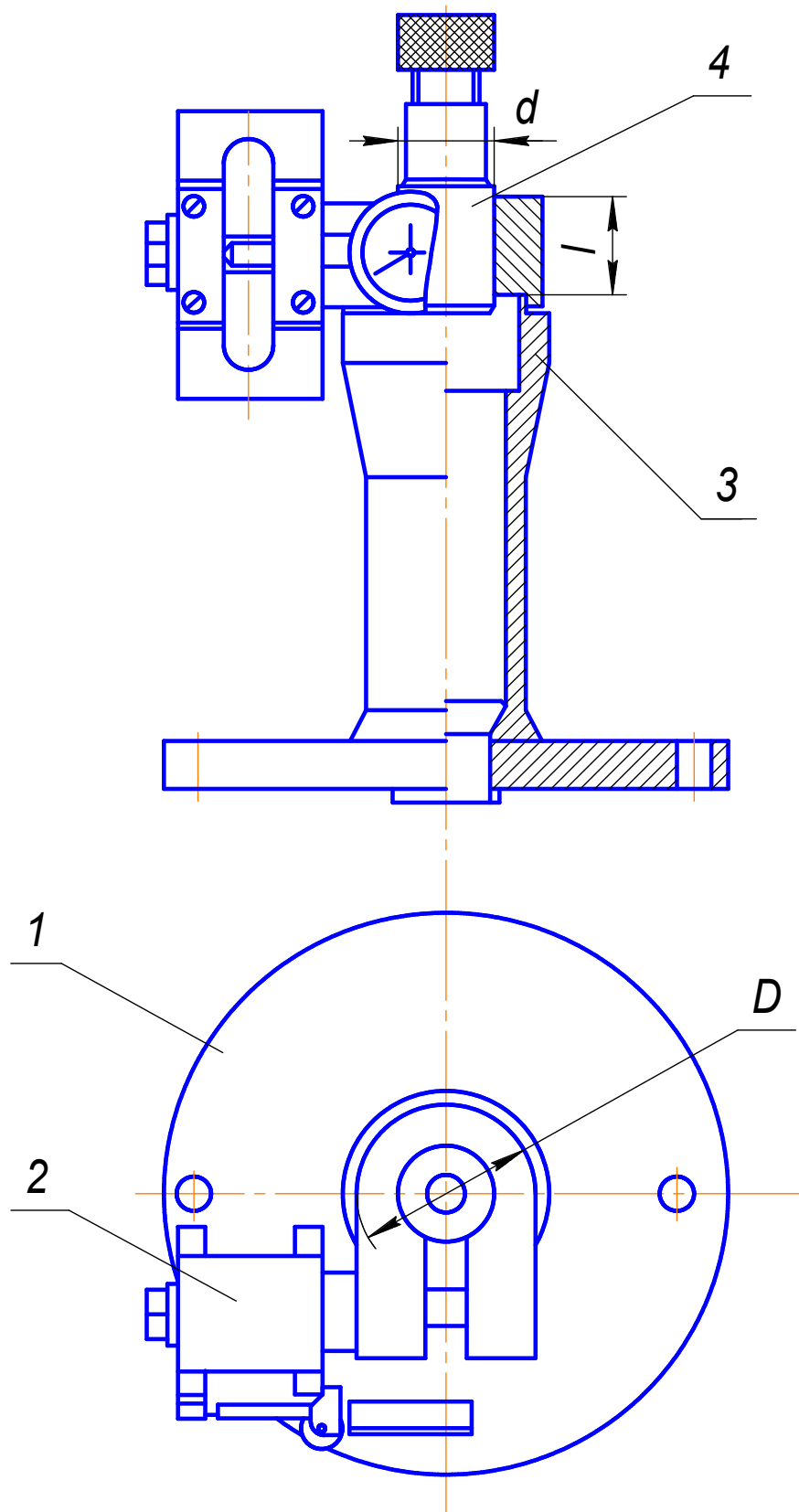


Рисунок 2.

Таблица 2

Сталь	20	25	30	35	40	45
Предел текучести, МПа	250	280	300	320	340	350

5. По тарировочной характеристике динамометрической пружины (табл. 3) определить её деформацию, соответствующую допускаемому усилию затяжки болта. Полученное значение деформации пружины округлить до меньшего целого числа делений индикатора пружины. Пользуясь тарировочной характеристикой пружины, определить значение усилия затяжки болта, соответствующее округленному значению деформации пружины, и принять его в качестве наибольшего в эксперименте.

Таблица 3

№ пружины	Прогиб пружины, мм	Усилие, Н
139	0,01	1886,5
228	0,01	2257,3

1. Разделить наибольшее усилие примерно на равные три – четыре части, заполнить первый столбец табл. 3 отчета.
2. Собрать установку для проведения эксперимента.
3. Затянуть ключом болт клеммы с усилием F_{c1} (см. табл.3 отчета) и, вращая нижний маховик пресса, нагружать соединение до смещения вала относительно клеммы. Записать показания индикатора динамометрического кольца.

По тарировочной характеристике динамометрической пружины пресса определить и записать в отчет соответствующее осевое усилие F_x (табл.3 отчета). Затем увеличить затяжку болта и вновь вращать маховик до смещения вала. Таким образом, производится не менее трех – четырех испытаний при различных усилиях затяжки с трехкратным повтором эксперимента для каждого выбранного усилия затяжки.

4. По результатам испытаний построить экспериментальную кривую зависимости $F_x = f(F_0)$.

10. Выбрать коэффициент трения между втулкой и валом. Коэффициент трения f в клеммовом соединении зависит не только от материалов и состояния трущихся поверхностей, но и от давления на поверхности сопряжения вала и втулки. Давление можно подсчитать, зная диаметр вала d и длину втулки l (рис. 2):

$$q = \frac{2F_0 \cdot z}{d \cdot l}. \quad (5)$$

Для стальных несмазанных клемм с чисто обработанной поверхностью (развертывание, шлифование) в среднем можно принимать следующие коэффициенты трения: 0,1 – 0,2.

11. По формулам (1), (2) и (3) построить 3 расчетных кривых на том же графике, что и опытная кривая.

Расчетные значения F_x желательно подсчитывать при тех же значениях F_0 , которое использовались при испытаниях.

Выводы

1. Дать краткий анализ полученных результатов испытаний клеммового соединения, указав, какая из расчетных схем лучше всего согласуется с экспериментами.

2. По форме опытной кривой решить вопрос о характере изменения коэффициента трения в процессе производства эксперимента.

Для сдачи зачета по лабораторной работе необходимо знать следующие вопросы:

1. Устройство и принцип работы ручного винтового пресса ДМ – 30.
2. Принцип работы силоизмерительного устройства пресса и устройства для контроля усилия затяжки.
3. Область применения, достоинства и недостатки клеммовых соединений. Приведите примеры практического использования.

ОТЧЕТ

по лабораторной работе «Испытание клеммового соединения»

Эскиз установки клеммового соединения.

Таблица 1

Основные параметры клеммового соединения

Диаметры, мм			Зазор (натяг), мм	Длина ступицы l , мм	Относительная толщина ступицы D/l
вала	отверстия	наружный ступицы D			

Таблица 2

Параметры резьбы болта

Диаметры, мм			Шаг Р	Угол рабочего профиля θ , град
номин.	средний	внутр.		
Материал болта Предел текучести			Сталь МПа	Запас прочности

Таблица 3

Определение передаваемого осевого усилия

Усилие затяжки болта, Н F_0	Осевое усилие, F_x , Н								
	экспериментальное				Расчетное по формулам (1), (2) и (3)				
	F_x	F_x	F_x	$F_{хсп}$	q	f	F_{x1}	F_{x2}	F_{x3}
$F_{01} =$									
$F_{02} =$									
$F_{03} =$									
$F_{04} =$									

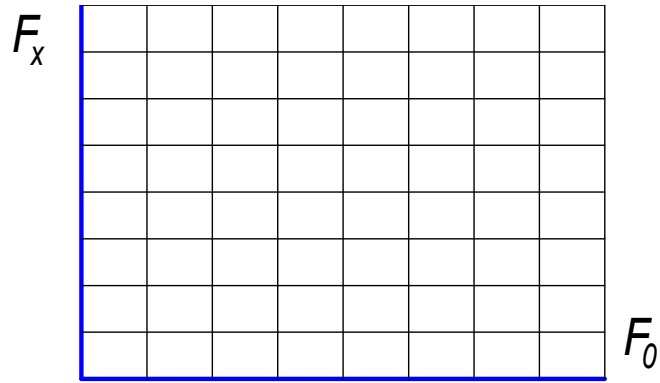


График экспериментальной и расчетных зависимостей

Выводы

- 1.
- 2.

Работу выполнили студенты

- гр. 1.
 2.
 3.

Дата

Работа зачтена

(Ф.И.О. руководителя)

ЛИТЕРАТУРА

1. Решетов Д.Н. Детали машин. М.: Машиностроение, 1989. 496 с.
2. Испытание болтового соединения, нагруженного центральной сдвигающей силой: Метод. указания/ Сост. В.П. Добровольский; ОмГТУ. Омск, 1994. 9 с.