

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)**  
Кафедра управления качеством и технического регулирования

**Методические указания для практических занятий и выполнения курсового проекта**  
по курсу **«Основы конструирования средств измерений»** для студентов направления  
**27.03.02 «Управление качеством».**  
Общий профиль и профиль подготовки **«Управление качеством в автомобильной  
промышленности»**

УДК 621.81.001.24  
ББК 34.41я2

Составители:  
к.т.н., доцент Орлов Ю.А.  
Сурганова К.В.



Владимир – 2016 г.

Практические занятия и курсовая работа по курсу «Основы конструирования средств измерений» проводится по трем большим разделам:

1. Соединения
2. Передачи
3. Проектирование измерительных установок

На практических занятиях студенты решают задачи. Практические задания носят расчетный характер и направлены на определение надежности различных конструкций соединений и механических передач.

**Тема 1:** Расчет на прочность стержня болта при различных случаях напряжения

### Задача 1.1

Определить силу  $F_{зат}$ , которую необходимо приложить к стандартному ключу для завинчивания гайки до появления в стержне болта напряжений, равных пределу текучести  $\delta_T = 200 \text{ МПа}$  (сталь 10). Определить также напряжение смятия  $\delta_{см}$  и среза  $\tau$  в резьбе. Расчет выполнить для болтов М6х1; М12х1,75; М24х3; М36х4 и сравнить полученные результаты. Длину ручки стандартного ключа  $l$  принять как  $l = 15d$ . Коэффициент трения в резьбе и на торце гайки  $f = 0,15$ . Необходимые для расчетов данные принять из таблицы :

Размеры болта, мм	М6	М12	М24	М36
Наружный диаметр резьбы $d$	6	12	24	36
Внутренний диаметр резьбы $d_1$	4,918	10,106	20,752	31,670
Средний диаметр резьбы $d_2$	5,350	10,863	22,051	33,402
Шаг резьбы $p$	1	1,75	3	4
Высота профиля $h$	0,541	0,947	1,624	2,165
Высота гайки $H$	5	10	19	29
Наружный диаметр опорного торца гайки $D_1$	9,5	18	34	52
Число витков гайки $z$	5	5,7	6,35	7
Угол подъема резьбы $\psi$	3°24'	2°53'	2°30'	2°12'

### *Расчетные формулы*

1. Сила затяжки  $F_{зат}$ , Н при заданном напряжении текучести  $\tau_m$  МПа с учетом коэффициента запаса на кручение при затяжке  $K_3$  находится как [1]:

$$F_{зат} = \pi d_1^2 \delta_T / 4K_3 ,$$

где  $d_1$  - внутренний диаметр резьбы, мм.

2. Момент заворачивания находят по формуле 1.6 [1.с 29]

$$T_{\text{зав}} = 0,5Fd_2 \left( \frac{D_{\text{ср}}}{d_2} \right) f + \text{tg}(\psi + \varphi),$$

где  $F$  – сила затяжки, Н;

$d_2$  – средний диаметр резьбы, мм;

$$D_{\text{ср}} = (D_1 + d_{\text{отв}}) / 2;$$

$D_1$  – наружный диаметр опорного торца гайки, мм;

$d_{\text{отв}}$  – диаметр отверстия под винт;

$f$  – коэффициент трения;

$\psi$  – угол подъема резьбы;

$\varphi$  – угол трения.

$$f = \text{arctg} f_{\text{пр}},$$

где  $f_{\text{пр}}$  – приведенный угол трения.

$$f_{\text{пр}} = f / \cos \frac{\alpha}{2},$$

где  $f$  – коэффициент трения;

$\alpha$  – угол профиля резьбы (для метрической 60°).

3. Сила  $F_K$  приложенная к ключу с длиной плеча  $l = 15d$  находится как:

$$F_K = T_{\text{зав}} / l,$$

4. Напряжения в резьбе определим по формуле 1.13 [1.с 34]

$$\delta_{\text{см}} = \frac{F}{\pi d_2 h z} \leq [\delta]_{\text{см}},$$

где  $Z = \frac{H}{P}$  – число рабочих витков гайки,

$H$  – высота гайки, мм; ( $H = 0,8d$ );  $P$  – шаг резьбы, мм.

$$\tau_{\text{ср}} = F / \pi d_1 H K K_m \quad (K = 0,87; K_m = 0,6)$$

## 1.2 Резьбовые соединения

Резьбовые соединения относятся к разъемным и выполняются посредством сверления отверстий в соединяемых деталях, в которые вставляются резьбовые крепежные детали: болты, винты или шпильки (рис. 1.2). На выступающие концы болтов и шпилек навинчиваются гайки, затяжка которых обеспечивает соединение. При использовании винтов или шпилек в отверстиях одной из соединяемых деталей нарезается резьба. Крепежные резьбовые детали стандартизованы.

Вид крепежных изделий зависит от толщины, формы и материала соединяемых деталей. Болты применяют, когда в соединяемых деталях

можно сделать сквозные отверстия; винты или шпильки – в случае невозможности сделать сквозные отверстия в одной из деталей. Шпильки следует применять, когда деталь, в отверстиях которой нарезана резьба, сделана из мягкого материала и завинчивание и развинчивание винтов может привести к разрушению резьбовых отверстий, а также когда форма соединения не позволяет поставить болты и винты.

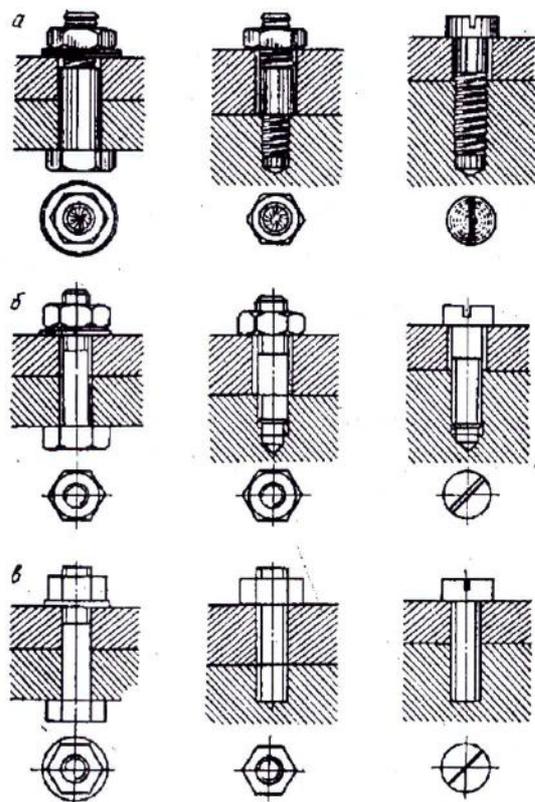


Рис. 1.2. Основные типы стандартных резьбовых крепежных деталей а-болт, шпилька, винт; б-конструктивное изображение; в-упрощенное

## Тема 2: Расчет на прочность элементов заклепочного шва

### Задача 2.1

Определить необходимое количество заклепок  $z$ , с помощью которых крепится днище цилиндрического резервуара. Диаметр заклепок  $d=8$  мм. Отверстия просверлены (рис.2.1). Детали соединения выполнены: заклепки из Ст2, днище и резервуар из Ст3.

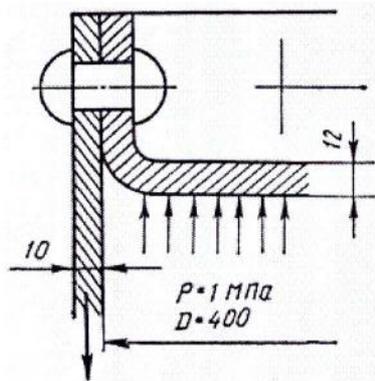


Рис. 2.1 Крепление дна цилиндрического резервуара отбортовкой наружу

### Расчетные формулы

1. Сила  $F, Н$  действующая на заклепки от внутреннего давления

$$F = \frac{\pi D^2}{4} * p,$$

где  $D$  – диаметр резервуара, мм;

$p$  – давление внутри резервуара, МПа.

2. Напряжение  $\tau_{ср}$  среза, действующее на заклепки

$$\tau_{ср} = \frac{F}{z d_0^2 / (4 * i)} \leq [\tau]_{ср},$$

где  $\tau_{ср}$  – действующее напряжение среза, МПа;

$z$  – число заклепок по срезу, шт;

$d_0$  – диаметр отверстия под заклепку ( $d_0 = d + 0,5$  мм);

$i$  – число плоскостей среза одной заклепки ( $i = 1$ );

$[\tau]_{ср}$  – допустимые напряжения среза (для стали 2, 140 МПа).

3. Напряжение смятия находится по формуле:

$$\delta_{см} = \frac{F}{d_0 \delta_{min} z_{см}} \leq [\delta]_{см}.$$

где  $\delta_{min}$  – минимальная толщина стенки резервуара ( $\delta_{min} = 10$  мм);

$z_{см}$  – число заклепок по смятию;

$[\delta]_{см}$  – допустимые напряжения смятия (для стали 2, 320 МПа).

### Задача 2.2

Расчитать заклепочное соединение, изображение которого дано на эскизе (рис. 2.2). Данные для расчета: нагрузка статическая  $F = 120$  кН, ширина полосы  $b = 100$  мм; толщина полосы и косынки  $\delta = 1$  мм; число заклепок  $z = 3$ ; отверстия под заклепки – сверленные; материал заклепок и полосы – Ст.3. Расчет такого соединения сводится к определению диаметра заклепок и проверке напряжения в опасном сечении полосы. ( II-II)

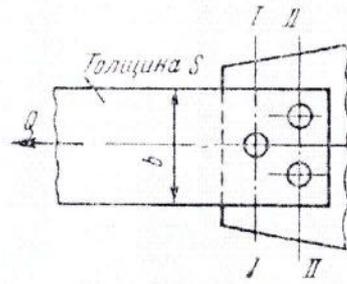


Рис.2.2

### Расчетные формулы

1. Диаметр заклепки из расчета на срез

$$d_0 = \sqrt{\frac{4F}{\pi z [\tau]_{ср}}}$$

2. Напряжение смятия на поверхности заклепки и отверстия

$$\delta_{см} = \frac{F}{d_0 \delta_{min} z_{см}} \leq [\delta]_{см},$$

3. Расчет полосы на разрыв

Сечение (I-I) (Первая слева заклепка воспринимает всю нагрузку  $F$ )

$$\delta_p = \frac{F}{(b-d_0) \delta_{min}} \leq [\delta]_p,$$

где  $\delta_p$  – допустимое напряжение растяжения (для стали 3  $[\delta_p]=160$ МПа);  
 $b$ -ширина полосы, мм.

Сечение (II – II)

По сечению (II – II) полоса может разрушиться только в том случае, если одновременно срежется заклепка, стоящая в сечении (I-I). Так как усилие между заклепками распределяется равномерно, то в сечении (II – II) будет действовать усилие:

$$F_{II} = F - \frac{F}{3} = \frac{2}{3}F,$$

Следовательно, напряжение растяжения в сечении (II – II) найдется как:

$$\delta_p = \frac{2F}{3(b-2d_0) \delta_{min}} \leq [\delta]_p.$$

Для обеспечения прочности расчетные напряжения растяжения  $\delta_p$  должны быть меньше или равны допустимым напряжениям  $\delta_p \leq [\delta]_p$ .

### Тема 3: Расчет на прочность элементов сварного шва

#### Задача 3.1

Уголок 100х100х100 приварен к косынке угловыми фланговыми швами (см. рис. 3.1). Определить длину  $l_1$  и  $l_2$  швов, если сварное соединение должно быть равнопрочно материалу уголка. Уголок выполнен из Ст2 с допускаемым напряжением  $[\delta]_p=140$  МПа; сварка произведена электродами Э42А.

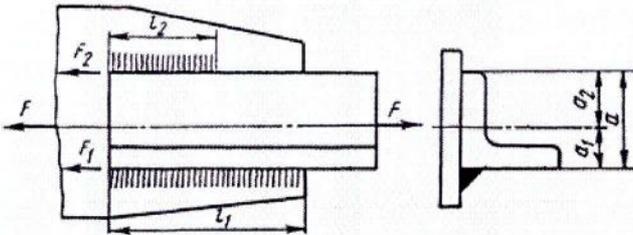


Рис 3.1 Схема конструкции сварного шва с присоединением несимметричного элемента

$$F_1 = F \frac{a_2}{a_1}; F_2 = F \frac{a_1}{a}$$

Расчетные формулы

1. Расчетная сила в уголке находится как  $F=A[\tau]_p$ , где  $A$ -площадь сечения уголка (По ГОСТ 8509-79 равна  $1920 \text{ мм}^2$ );  $a=100$ мм;  $a_1=28,3$ мм;  $a_2=71,7$ мм.

2. Допускаемое напряжение в швах на срез при сваре электродами Э42А  $[\delta]_p=140$ МПа

$$[\tau']_{cp}=0,65\delta_p$$

3. Силы  $F_1$  и  $F_2$  действующие на фланговых швах:

$$F_1 = F \frac{a_2}{a_1}; F_2 = F \frac{a_1}{a},$$

4. Необходимые длины швов:

$$l_1 = \frac{F_1}{0,7K[\tau']_{cp}},$$

$$l_2 = \frac{F_2}{0,7K[\tau']_{cp}},$$

Катет сварного шва  $K$  применяется равным толщине косынке

#### Задача 3.2

Швеллер № 33 (высота профиля  $h=330$ мм, толщина стенки  $s=7$ мм) приварен к косынке угловыми швами (см.рис. 3.2). Длина вертикального шва 330 мм, длина горизонтальных швов  $l=330$ мм. Определить допустимый в соединении момент  $M$ .

Швеллер выполнен из Ст3 с допускаемым напряжением  $[\delta]_p=160$  МПа;

сварка произведена электродами Э42.

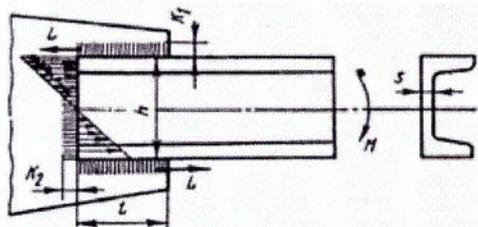


Рис. 3.2 Соединение из нескольких швов, работающее на изгиб

Расчетные формулы

1. Допустимый момент на соединение по прочности материала швеллера

$$M_{шв} = W_x [\delta]_p,$$

где  $W_x$  – момент сопротивления сечения швеллера (По ГОСТ 8240-72  $W_x = 484 \cdot 10^3 \text{ мм}^3$ );

$[\delta]_p$  – допустимое напряжение разрыва, МПа для материала швеллера.

2. Допустимый момент на соединение по прочности сварных швов

$$M_{св} = [\tau']_{ср} \cdot \left( 0,7 K_1 l (h + K_1) + \frac{0,7 K_2 h^2}{6} \right).$$

где  $[\tau']_{ср} = 0,6 [\delta]_p$  – допустимое напряжение среза сварного шва, МПа.

$K_1$  – ширина катета горизонтальных фланговых швов, мм;

$K_2$  – ширина катета вертикального лобового шва, мм;

$l$  – длина горизонтальных швов;

$h$  – размер швеллера (330 мм).

3. Окончательный допустимый момент применяется по наименьшему расчетному значению, например  $M_{св} < M_{шв}$ . Тогда допустимый момент равен моменту  $M_{св}$ .

**Тема 4:** Расчет на прочность и выбор посадок шпоночных соединений

#### Задача 4.1

Рассчитать шпоночное соединение подвижной шестерни с валом (рис.4.1) по напряжениям смятия, если вращающий момент  $T=230 \text{ н}\cdot\text{м}$ , диаметр вала  $d=35 \text{ мм}$ , материал шпонки сталь 45,  $\text{HB} \leq 350$ . Допустимое напряжение смятия для материала шпонки при подвижном соединении принять равным  $[\delta]_{см} = 30 \text{ МПа}$ . Параметры шпонки принять по ГОСТ 10748-79.

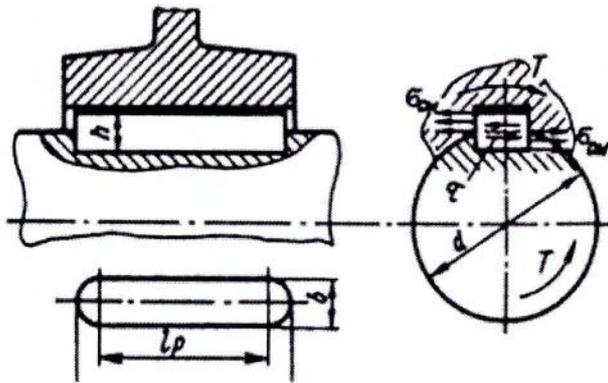


Рис. 4.1 Схема подвижного шпоночного соединения.

Расчетные формулы:

1. Напряжение смятия найдем по формуле:

$$\delta_{\text{см}} = \frac{4T}{hl_p d} = [\delta]_{\text{см}},$$

2. Параметры шпонки по ГОСТ 10748-79

При  $d=35\text{мм}$ ;  $b=10\text{мм}$ -ширина шпонки;  $h=9\text{мм}$ -высота высокой шпонки.

3. Длина шпонки найдется как

$$l_p = \frac{4T}{h[\delta]_{\text{см}} d},$$

Свободное шпоночное соединение может быть выполнено с основным отклонением для шпонки  $h9$ , паз вала  $H9$  и паз втулки  $D10$ .

#### Задача 4.2

Рассчитать на прочность подвижное зубчатое соединение (рис. 4.2), если вращающий момент  $T=230\text{ Н}\cdot\text{м}$ , сталь 45  $\text{HB}\leq 350$ ,  $[\delta]=30\text{МПа}$ , для подвижного соединения без дополнительной нагрузки. Коэффициент неравномерности нагрузки по зубьям принять равным  $K_s=0,7\dots 0,8$ .

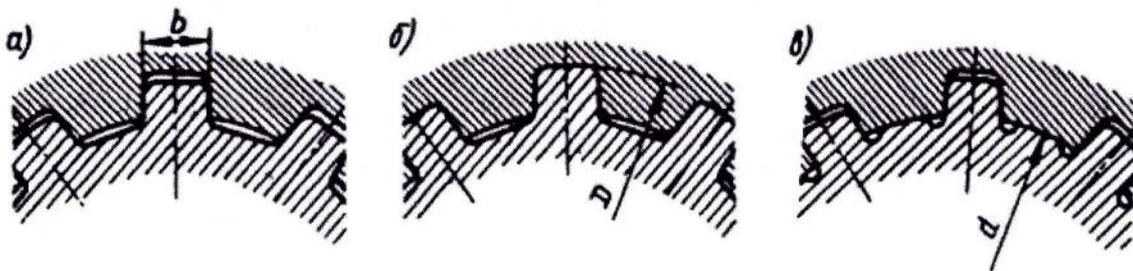


Рис 4.2 Схема подвижного шлицевого соединения.

Соединение с прямоугольными зубьями выполняют с центрированием по боковым граням (а), по наружному (б) или внутреннему диаметру (в).

Расчетные формулы

1. По заданному диаметру вала  $d=35\text{мм}$  по ГОСТ 1139-80 находятся параметры шлицевого соединения  $d - 8 \times 36f7 \times 42a11 \times 6f8$ . Ширина фаски  $f=0,4\text{ мм}$ .

2. Определяется средний диаметр

$$d_{cp} = 0,5(d + D),$$

3. Рабочая высота зубьев  $h$

$$h = 0,5(D - d) - 2f,$$

4. Напряжение смятия (упрощенный расчет) находят как:

$$\delta_{см} = \frac{2T}{K_z z h d_{cp} l} \leq [\delta]_{см},$$

5. Длина шпонки

$$l = \frac{2T}{K_z z h d_{cp} [\delta]_{см}}.$$

Сравнения результатов расчета шлицевого и шпоночного соединения показывают на уменьшение его габаритов. Уточненный расчет проводят по ГОСТ 21425-75 с учетом износа соединения.

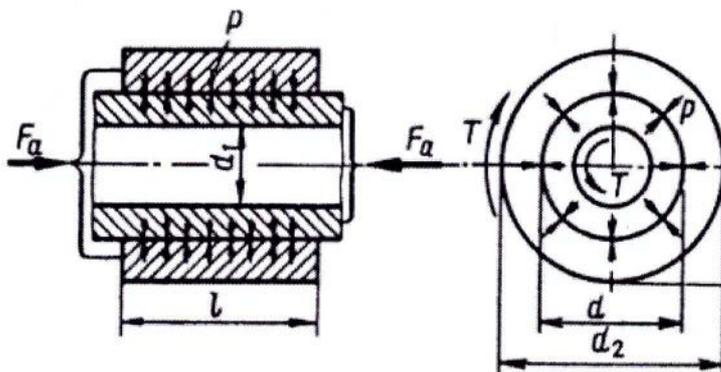
**Тема 5:** Расчет на прочность и выбор посадок с натягом

### Задача 5.1

Кольцо подшипника насаживается на вал по тугой посадке

$\phi 45 \frac{H6(+0,016)}{p(+0,037/+0,026)}$ . Определить допускаемую величину осевого усилия, которым

может быть нагружен подшипник без дополнительного крепления его на валу. Данные для расчета: посадочный диаметр вала  $d=45$  мм; наружный диаметр кольца  $d_2=60$  мм; ширина кольца -  $l=25$  мм; материал вала – сталь 45; материал кольца – сталь ШХ15; коэффициент трения  $f=0,06$ .



*Расчетные формулы*

1. Определить удельное давление  $p$ , контакта кольца подшипника и вала, МПа

$$p = \frac{\delta \cdot 10^{-3}}{\left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2}\right) \cdot d},$$

где  $\delta$  – расчетный натяг, мм

$\delta = \delta_{Tmin} \cdot u$ , где  $\delta_T$  – табличный натяг;  $u = 1,2(R_{z1} + R_{z2}) = 7,7$  мкм

$$R_{z1}=R_{z2}=3,2 \text{ мкм}$$

$$\delta=10-7,7=2,3.$$

$C_1$  и  $C_2$  – модули жесткости;

$E_1$  и  $E_2$  – модули упругости, МПа.

2. Модуль жесткости для кольца  $C_1$  находят как

$$C_1 = \frac{d_2^2 + d^2}{d_2^2 - d^2} + \mu,$$

для вала

$$C_2 = \frac{d^2 + d_1^2}{d^2 - d_1^2} - \mu,$$

где  $\mu$ - коэффициент Пуассона. Для стали  $M=0,3$

3. Величина осевого усилия, которая может быть приложена к подшипнику найдется как:

$$F_a = f r \pi d l.$$

где  $d$ –номинальный диаметр, мм;

$l$ -ширина кольца.

**Тема 6:** Расчет и конструирование цилиндрических, конических и червячных передач

**Тема 7:** Расчет валов

**Тема 8:** Расчет и выбор подшипников качения

**Тема 9:** Конструирование и расчет упругих муфт

Вышеизложенные темы достаточно подробно рассмотрены в литературе [6] п.п 12.1, п.п 12.4, п.п 12,6 Глава 8, Глава 9, Глава 11.

В рамках самостоятельной работы в течении семестра студент решает задачи по расчету типовых соединений и передач как элементов конструкции средств измерений и выполняет курсовой проект. Каждому студенту выдается индивидуальное задание согласно вариантов таблицы. В курсовом проекте кроме записки с расчетами студент выполняет 2-3 листа графической части.

№ варианта	01	02	03	04	05	06	07	08	09
Полезная сила на ленте конвейера $F_{л}$ , Н·м	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
Скорость ленты, $V_{л}$ , м/с	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	1,0

10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
5,0	5,5	6,0	5,7	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0
1,1	1,2	1,3	1,25	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5

### Цели самостоятельной работы.

Формирование способности к самостоятельному познанию и обучению, поиску литературы, обобщению, оформлению и представлению полученных результатов, их критическому анализу, поиску новых и неординарных решений, аргументированному отстаиванию своих предложений, умений подготовки выступлений и ведения дискуссий.

Организация самостоятельной работы.

Самостоятельная работа заключается в изучении отдельных тем курса по заданию преподавателя по рекомендуемой им учебной литературе, в подготовке к практикуму, к рубежным контролям, зачету и экзамену

### **Тема 10: Конструирование и расчет установок для измерения момента холостого хода, кинематической погрешности, испытания на жесткость и определения К.П.Д.**

Настоящая методика распространяется на роликовые передачи и составлена в соответствии с имеющимися СТП на передачи винт-гайка, на основании статистических данных, полученных при исследовании точности передач, жесткости и момента холостого хода  $M_{х.х.}$ , а также анализа опыта по изготовлению и испытанию передач.

#### Общие положения

Наименование, обозначение, номинальные значения, допускаемые отклонения контролируемых параметров – в соответствии с ГОСТ 3722-81 и чертежами роликвинтовой передачи.

Измерение геометрических параметров резьбы должно проводиться на расстоянии от концов резьбы не менее 15 мм для винта РВП.

#### Условия проведения измерений ГОСТ 8.050-73

- температура окружающей среды в помещении, где производятся измерения, должна быть  $20 \pm 5^\circ\text{C}$ ;
- относительная влажность воздуха до 80% при температуре  $\pm 25^\circ\text{C}$ ;
- атмосферное давление от 84 до 106 кПа;
- место размещения приспособления должно быть защищено от непосредственного воздействия пыли, влаги, агрессивных сред.

#### Требования безопасности

Промывку необходимо производить в резиновых маслобензиностойких перчатках.

Бензин необходимо хранить в металлической посуде, плотно закрытой крышкой, в количестве не более однодневной нормы.

В помещении, где производят промывку, должен быть

предупреждающий знак по ГОСТ 12.4.026-76, запрещено пользоваться открытым огнем, курить, применять электронагревательные приборы.

Оператор, производящий измерения, должен иметь квалификацию контролера станочных и слесарных работ не ниже 4 разряда в соответствии с требованиями «Единого тарифно-квалификационного справочника работ и профессий рабочих».

#### Подготовка к проведению измерений

Перед проведением измерений должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

- измеряемые детали и рабочие поверхности СИ ИЧ-10, ГОСТ 1012-72, должны быть промыты бензином и протерты салфеткой из хлопчатобумажной ткани;

- измеряемые детали и СИ должны быть выдержаны в помещении, где производится проверка, не менее 4 часов;

- цифropечатающее устройство необходимо установить горизонтально, т.к. погрешность от наклона его на  $50^\circ$  увеличивается на  $\pm 1\%$  от ширины канала записи;

- электронно-измерительный блок и цифropечатающее устройство перед включением в сеть заземлить.

#### **Методика контроля момента холостого хода роликвинтовой передачи с помощью:**

**- приспособления П25-4513;**

**- электронно-измерительной системы L-305 и прибора модели 214.**

Контроль момента холостого хода РВП с помощью приспособления П25-4513 с индикаторной головкой.

Контроль  $M_{x.x.}$  осуществляется на базе токарно-винторезного станка модели I D 63A. Ходовой винт токарного станка настраивается на величину подачи, равную шагу испытываемого винта.

Средства измерений и вспомогательные устройства.

а) при контроле  $M_{x.x.}$  должны быть использованы:

- приспособление П25-4513;

- резцедержатель;

- индикатор ИЧ 10 ГОСТ 1012-72.

б) принцип работы приспособления П25-4513.

В результате закрепляется приспособление П25-4513, состоящее из вилкообразного тарированного эталона, несущего в себе индикатор ИЧ, с пределом измерений от 0 до 50 мм. Индикатор фиксирует перемещение поводка в вертикальной плоскости.

в) тарировка приспособления П25-4513.

Приспособление П25-4513 тарируется изготовителем методом подвешивания к ушку грузиков весов, согласно сводной таблице 1.1. Данные тарировки заносятся в таблицу 1.1, которая прикладывается к приспособлению. Перед тарировкой приспособления цифры индикатора корректируются установкой на «ноль». Проверяется индикатор на исправность. Создается натяг 0,3 мм.

Таблица 1.1

Таблица тарировки

Р, кг	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2
Показания ↑ индикатор	-	0,00 4	0,01 4	0,02 7	0,03 3	0,04 2	0,0 5	0,05 9	0,06 8	0,1	0, 8
a ↓ мм	-	0,08	0,01 9	0,02 4	0,03 2	0,04 1	0,0 5	0,05 9	0,06 8	0,1	0, 8
$M_{x.x.}$ , Н·м	-	1,4	2,8	4,2	5,6	7	8,4	9,8	11,2	12, 6	14

#### Проведение измерений и обработка результатов

После ознакомления п. 1.1 приступают к наладке приспособления П25-4513 для замеров  $M_{x.x.}$  РВП.

Шарообразный конец поводка должен находиться в строго определенном положении относительно отверстия на конце вилкообразного эталона. Этим выдерживается постоянный размер плеча равным 70 мм (от оси центров передачи до точки касания шарообразного поводка с эталоном), необходимого для определения момента холостого хода.

Усилие, вызываемое  $M_{x.x.}$  передачи, передается на вилкообразный эталон, выводит его из состояния равновесия, перемещая на определенную величину, которая фиксируется индикатором. По показаниям индикатора через таблицу 1.1 находят значения  $M_{x.x.}$ , которые заносятся в паспорт данной передачи.

Измерение момента холостого хода РВ передачи с помощью приспособления П25-4513 с электронно-измерительной системой L-305 на базе токарно-винторезного станка модели ID 65 А.

Преимущество данного метода в том, что контроль момента холостого хода РВП осуществляется электронно-измерительной системой. Данные контроля записываются на диаграмме и не зависят от квалификации рабочего.

#### Средства измерений и вспомогательные устройства

а) при контроле  $M_{x.x.}$  должны быть использованы:

- приспособление П25-4513;
- резцедержатель;
- датчик электронно-измерительной системы;
- цифropечатающее устройство.

б) принцип контроля тот же, только вместо индикатора на эталон

устанавливают датчик электронно-измерительной системы. Сигнал от датчика подается через электронный блок на цифropечатающее устройство, диаграмма, полученная с цифropечатающего устройства, позволит контролировать значение условий, вызываемых  $M_{x.x}$  на всей длине винта.

в) тарирование эталона производится, как и в первом случае, методом подвешивания грузиков в месте контакта шарообразного конца поводка с эталоном на расстоянии 70 мм от торца паза эталона (по риску).

Запись, полученная в памяти цифropечатающего устройства, в статистическом режиме дает зависимость  $M_{x.x}$  и масштаба диаграммы, т.е. 1 мм на сетке диаграммы соответствует  $M_{x.x} = 191 \text{ г}\cdot\text{см} = 19,1 \text{ Н}\cdot\text{см}$ .

Для каждого типоразмера передачи необходима своя тарированная диаграмма для наиболее точного определения  $M_{x.x}$ .

#### Подготовка к проведению измерений

Перед началом работы необходимо:

- а) проверить электронно-измерительный блок в течение 20 мин;
- б) цифры прибора установить на «ноль» кнопкой установки «нуля», которая расположена на передней панели прибора при шкале заглубления  $\pm 25$  (нажать клавишу  $\pm 25$ );
- в) кнопка выдачи сигнала на экран компьютера
- г) переключатель амплитуды колебаний устанавливается в положение «0,1»;
- д) усилие сигнала установить на «минимум».

Перед началом работы необходимо включить цифropечатающее устройство, затем станок, чтобы цифropечатающему устройству обозначить «нулевую» линию.

В такой же последовательности осуществляется контроль  $M_{x.x}$  при вращении в обратном направлении.

Для каждого типоразмера передачи имеется контрольная сетка «максимум и минимум» значений  $M_{x.x}$  в памяти L-305.

При наложении данной сетки – диаграммы на экране компьютера на полученную диаграмму размеров  $M_{x.x}$  путем сравнения судят о величине момента холостого хода РВП.

#### Проведение измерений и обработка результатов

Приспособление П25-4513 закрепляется в резцедержатель токарновинторезного станка модели ID 63А. На корпус детали одевается хомут с поводком.

Вилкообразный эталон подводится в соприкосновение к поводку с шарообразным концом, затем отводится на расстояние, равное 1 мм.

Датчик подводится до соприкосновения с горизонтальной плоскостью эталона. Точка качения датчика должна находиться в одной вертикальной плоскости с риской на эталоне.

Датчик подключается с помощью гибкого шланга к клемме «ВХОД» электронно-измерительного блока.

Электронно-измерительный блок подключается гибким шлангом (клемма «ВХОД») к цифropечатающему устройству (клемма «ВХОД») и

выводится на персональный компьютер.

### **Методика контроля винта РВП по шагу**

а) измерение шага осуществляется на измерительной машине модели МС 14К. Она состоит из станины, измерительной каретки, поводкового устройства (кронштейна), наконечника, микроскопа, штриховой меры.

б) измерение шага на машине осуществляется методом компарирования проверяемого винта и образцовой штриховой меры. Винтовая поверхность резьбы ощупывается дискретно контактным способом – наконечником.

в) контакт наконечника с профилем осуществляется по обеим сторонам одновременно. При этом определяется погрешность шага впадины в целом. Контакт наконечника со стороной впадины должен находиться в зоне контакта с рабочими шариками для резьб с полукруглым профилем.

Это достигается применением наконечника соответствующего размера и прижимом его пружинным параллелограммом к двум сторонам профиля по оси измеряемого винта.

#### **Проведение измерений и обработка результатов**

Измерение производится по схеме.

Наконечник через кронштейн связан с измерительной кареткой, свободно перемещается по прямолинейным направляющим станины параллельно оси измерительного винта. Связь наконечника с измерительной кареткой жесткая в направлении движения каретки.

При измерении наконечник вводится во впадину резьбы, и его рабочая часть прижимается к двум сторонам профиля.

Каретка фиксируется в направлении вдоль оси винта относительно данной впадины или одной из его сторон.

Положение каретки определяется с помощью окуляра микроскопа по штриховой мере, расположенной на станине.

Затем наконечник вводится в следующую впадину, и каретка занимает новое положение, которое так же определяется по штриховой мере и микроскопу.

По двум показателям микроскопа может быть определено отклонение фактического расстояния между впадинами в целом от соответствующего номинального расстояния.

По результатам проверки погрешности шага между соседними профилями может быть вычислена накопленная погрешность шага и построен график.

Разность показаний микроскопа соответствует отклонению шага между первой и второй впадиной.

$$\Delta S = S_1 - S_2,$$

где  $S_1$  - показание шага при первом положении наконечника;  $S_2$  - показание шага при втором положении наконечника.

## Методика определения кинематической погрешности передачи в сборе

### Средства измерения и вспомогательные устройства

Машина для контроля ходовых винтов МС 14К производства «ЭНИМС» г. Москва. Машина МС 14К представляет собой механизм для проверки шага ходовых винтов. Она состоит из станины, оптической делительной головки, задней бабки, фотоэлектрического микроскопа с электронным блоком модели ТМ 23. Станина представляет собой литое основание с продольными направляющими, на которых крепятся и по которым передвигаются задняя бабка и контрольное приспособление, т.е. фотоэлектрический микроскоп с электронным блоком.

В центрах оптической делительной головки и задней панели могут устанавливаться изделия диаметром до 250 мм и длиной 2000 мм.

Шпиндель делительной головки имеет посадочное отверстие под конус Морзе №4. На шпинделе закреплено червячное колесо и основной лимб с ценой деления  $1^\circ$ .

Вращение шпинделя осуществляется маховичком через червячную передачу. Предварительная установка угла поворота производится по внешнему лимбу с помощью отсчетного устройства.

Установленное положение может быть зафиксировано рукояткой зажимного механизма.

Внутри делительной головки находится лампочка, свет от которой концентрируется зеркалом на стеклянный лимб.

### Проведение измерений и оформление результатов

Измерение кинематической погрешности передачи следует вести в одном продольном сечении винта в соответствии с техническим описанием.

В центрах оптической делительной головки и задней панели установить передачу. Для предотвращения поворота гайки на передаче во время контроля устанавливают стопорный упор, крепящийся на одной из стоек, предназначенных для индикаторной головки.

Проверка РВП осуществляется с хомутиком, одетым на центральный винт.

Вращением маховичка приводят в движение шпиндель оптической делительной головки, который в свою очередь вращает центральный винт.

Гайка получает линейное перемещение, фиксируемое фотоэлектрическим микроскопом с электронным блоком. Отсчет перемещения можно производить как через окуляр микроскопа, так и по показаниям отсчетного прибора.

Отсчет производится после совмещения одного из штрихов лимба с ближайшим биссектором.

За результат измерений следует принять наибольшую алгебраическую разность отклонений фактического перемещения от номинального на заданной длине.

Погрешность измерений составляет:

выводится на персональный компьютер.

### **Методика контроля винта РВП по шагу**

а) измерение шага осуществляется на измерительной машине модели МС 14К. Она состоит из станины, измерительной каретки, поводкового устройства (кронштейна), наконечника, микроскопа, штриховой меры.

б) измерение шага на машине осуществляется методом компарирования проверяемого винта и образцовой штриховой меры. Винтовая поверхность резьбы ощупывается дискретно контактным способом – наконечником.

в) контакт наконечника с профилем осуществляется по обеим сторонам одновременно. При этом определяется погрешность шага впадины в целом. Контакт наконечника со стороной впадины должен находиться в зоне контакта с рабочими шариками для резьб с полукруглым профилем.

Это достигается применением наконечника соответствующего размера и прижимом его пружинным параллелограммом к двум сторонам профиля по оси измеряемого винта.

#### **Проведение измерений и обработка результатов**

Измерение производится по схеме.

Наконечник через кронштейн связан с измерительной кареткой, свободно перемещается по прямолинейным направляющим станины параллельно оси измерительного винта. Связь наконечника с измерительной кареткой жесткая в направлении движения каретки.

При измерении наконечник вводится во впадину резьбы, и его рабочая часть прижимается к двум сторонам профиля.

Каретка фиксируется в направлении вдоль оси винта относительно данной впадины или одной из его сторон.

Положение каретки определяется с помощью окуляра микроскопа по штриховой мере, расположенной на станине.

Затем наконечник вводится в следующую впадину, и каретка занимает новое положение, которое так же определяется по штриховой мере и микроскопу.

По двум показателям микроскопа может быть определено отклонение фактического расстояния между впадинами в целом от соответствующего номинального расстояния.

По результатам проверки погрешности шага между соседними профилями может быть вычислена накопленная погрешность шага и построен график.

Разность показаний микроскопа соответствует отклонению шага между первой и второй впадиной.

$$\Delta S = S_1 - S_2,$$

где  $S_1$  - показание шага при первом положении наконечника;  $S_2$  - показание шага при втором положении наконечника.

$$\delta = 1,2 + \frac{7l}{1000}, \text{ мкм,}$$

где  $l$  – длина, на которой производится измерение, мм.

Рекомендации:

- 1) При измерении кинематической погрешности рекомендуется поворачивать винт на такой угол, чтобы соответствующее линейное перемещение было бы кратно 1 мм, т.е. интервалу делений штриховой меры.
- 2) Перед контролем передачу обкатать в реверсном режиме, с частотой вращения  $200 \text{ мин}^{-1}$ . по всей длине перемещения гайки.
- 3) Проверка перемещения гайки производится на длине 300 мм.
- 4) Перемещение гайки и вращение винта должно быть плавным, без рывков и заеданий.

### **Момент холостого хода**

Одним из важнейших параметров РВП в сборе является момент холостого хода.

Момент холостого хода – это способность узла вращаться с наибольшим КПД и с наименьшим коэффициентом трения.

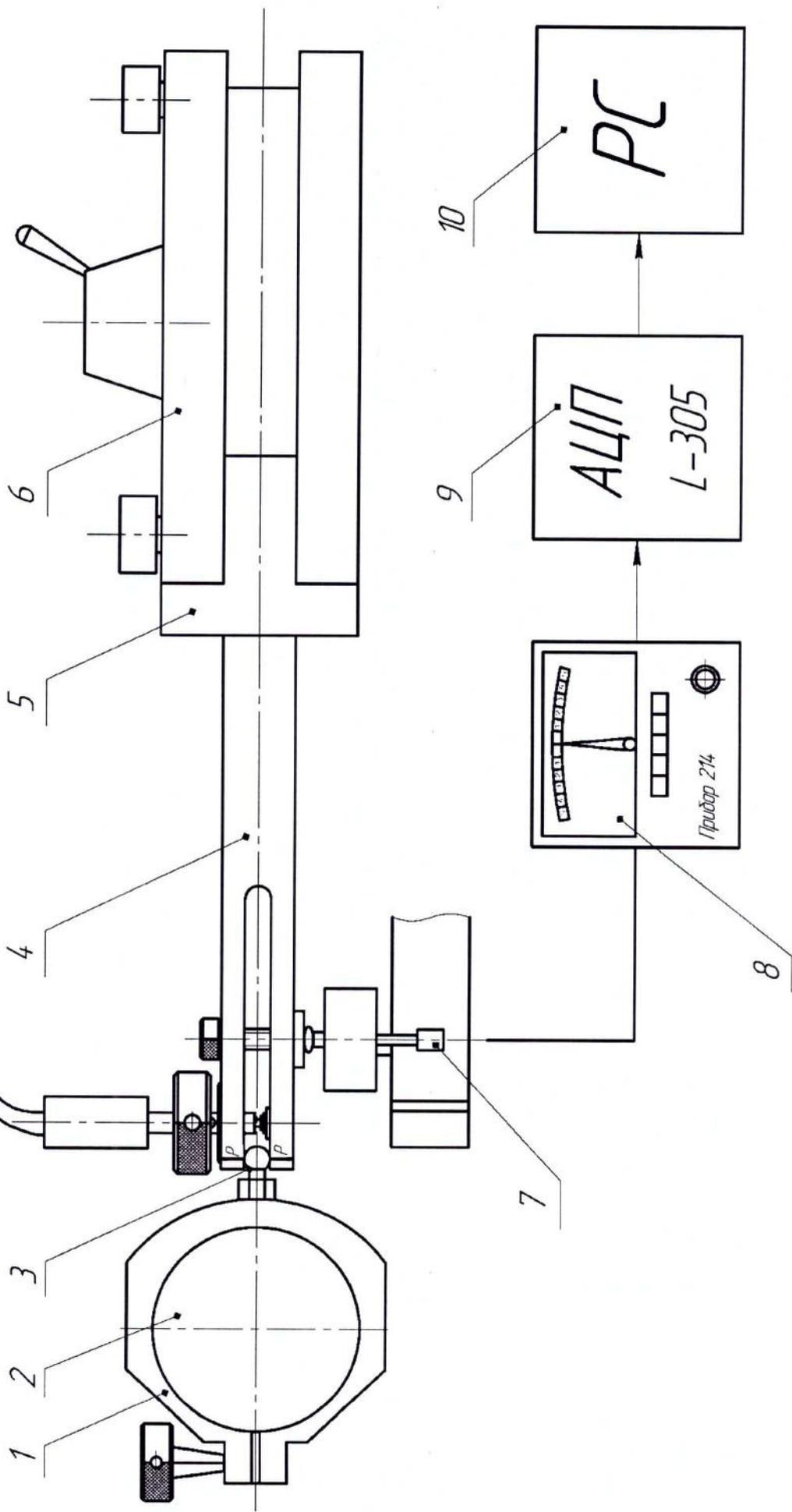
Момент холостого хода выражается в

$$T_{\text{х.х.}} = \frac{F_A \cdot S}{\eta \cdot 2\pi},$$

где  $F_A$  - нагрузка для определения момента холостого хода.

$F_A = [H]$  и задается на чертеже в технических условиях.

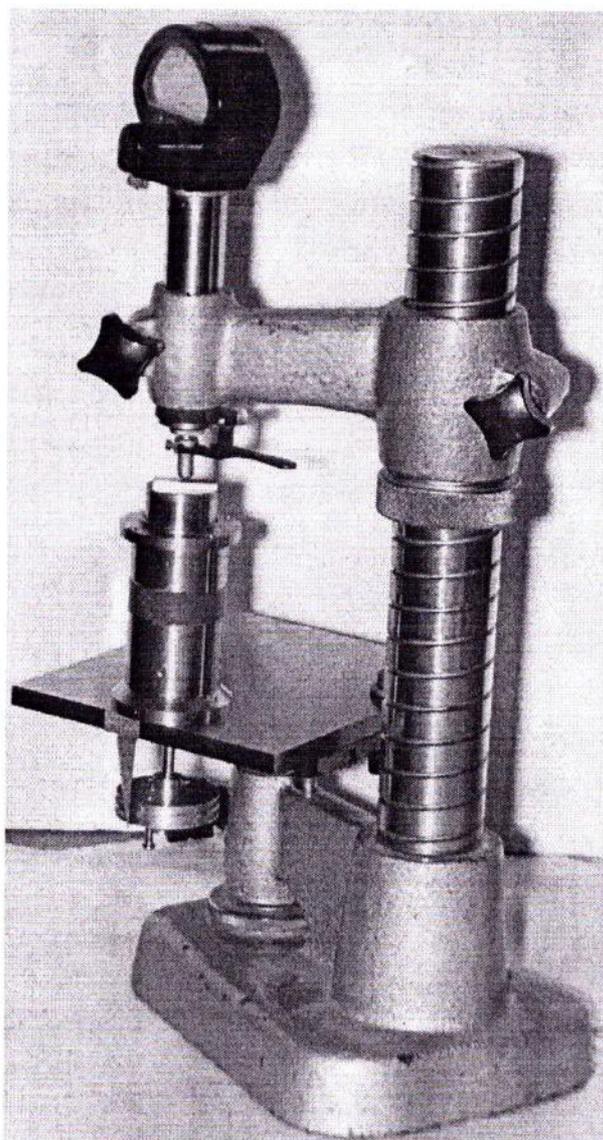
К прибору 214

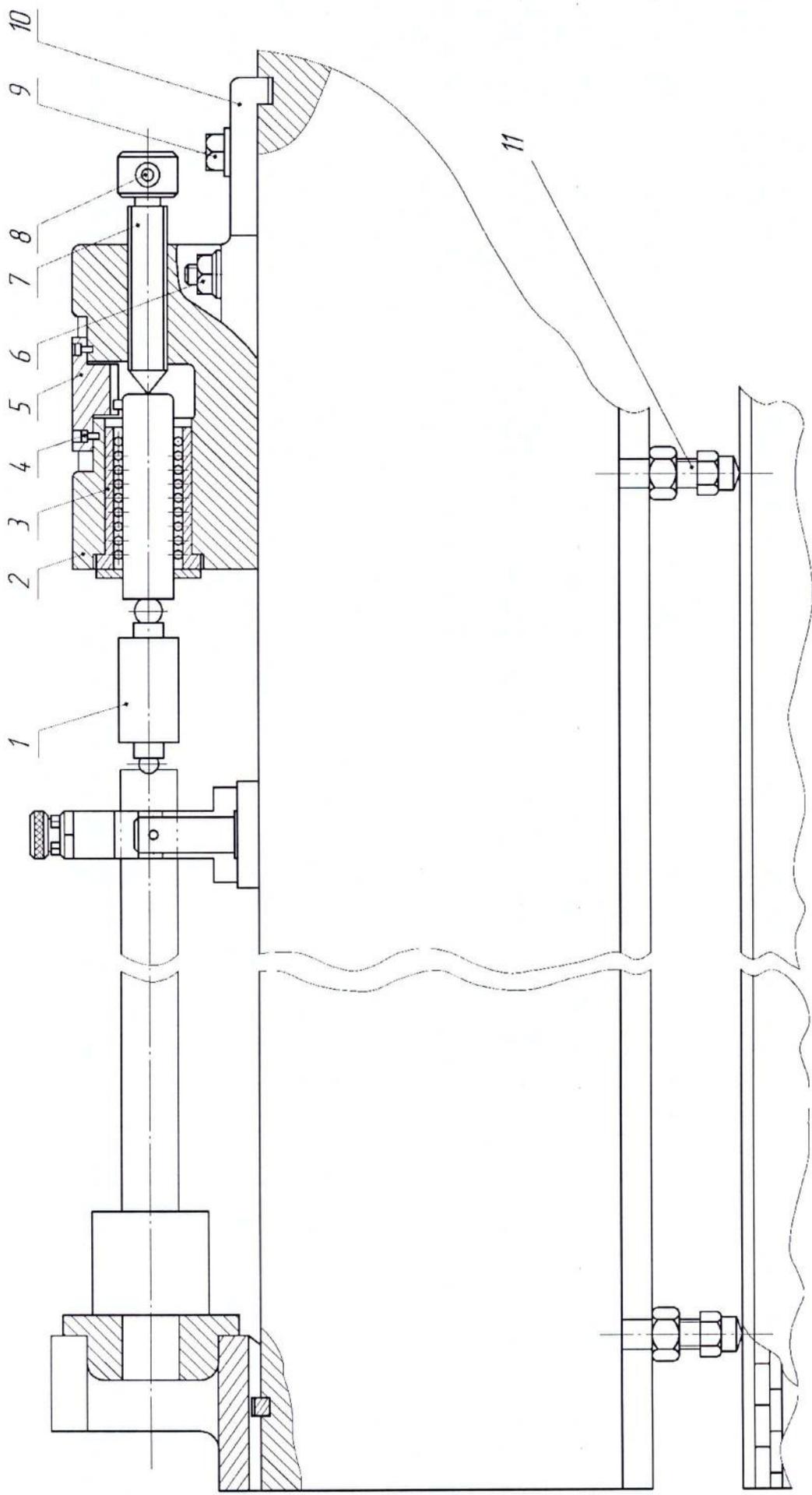


1 – Хомут, 2 – Корпус РВП, 3 – Поводок, 4 – Динамометр, 5 – Колодка, 6 – Резцедержатель, 7 – Датчик, 8 – Электроблок, 9 – Аналого-Цифровой преобразователь, 10 – Персональный компьютер.

Таблица тарировки

Р, кг	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,2
Показания индикатора, дЛ	0	5	10	20	40	50	62	70	75	80	85	90
$M_{x,x}$ , Р·м	0	1,4	2,8	4,2	5,6	7	8,4	9,8	11,2	12,6	14	15,4





Предусмотренный по учебному плану направлений подготовки курсовой проект состоит из теоретических расчетов и графической части.

Работа выполняется 12-14 кеглем, через 1 интервал, шрифт Times New Roman, поля: левое - 30 мм, верхнее и нижнее 20 мм, правое - 10мм.

Состав курсового проекта:

1. Титульный лист (см. Приложение 1);
2. Задания, утвержденного заведующим кафедрой (см. Приложение 2);
3. Основная надпись для чертежей (см. Приложение 3);
4. Содержания с основной надписью (штамп для текстовых допусков) (см. Приложение 4);
5. Списка используемых источников (см. Приложение 5);
6. Пояснительной записки заканчивающейся списком литературных источников;
7. Графической части в виде сборочного чертежа редуктора формата А1 и 2-3 детализовочных чертежей на формате А4.

## Приложение 1

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Владимирский государственный университет имени Александра  
Григорьевича и  
Николая Григорьевича Столетовых»

### КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

по дисциплине «Основы конструирования средств измерений»

Вариант 10

Выполнил: ст. гр. УК<sub>пб</sub>-115

Иванов И.И.

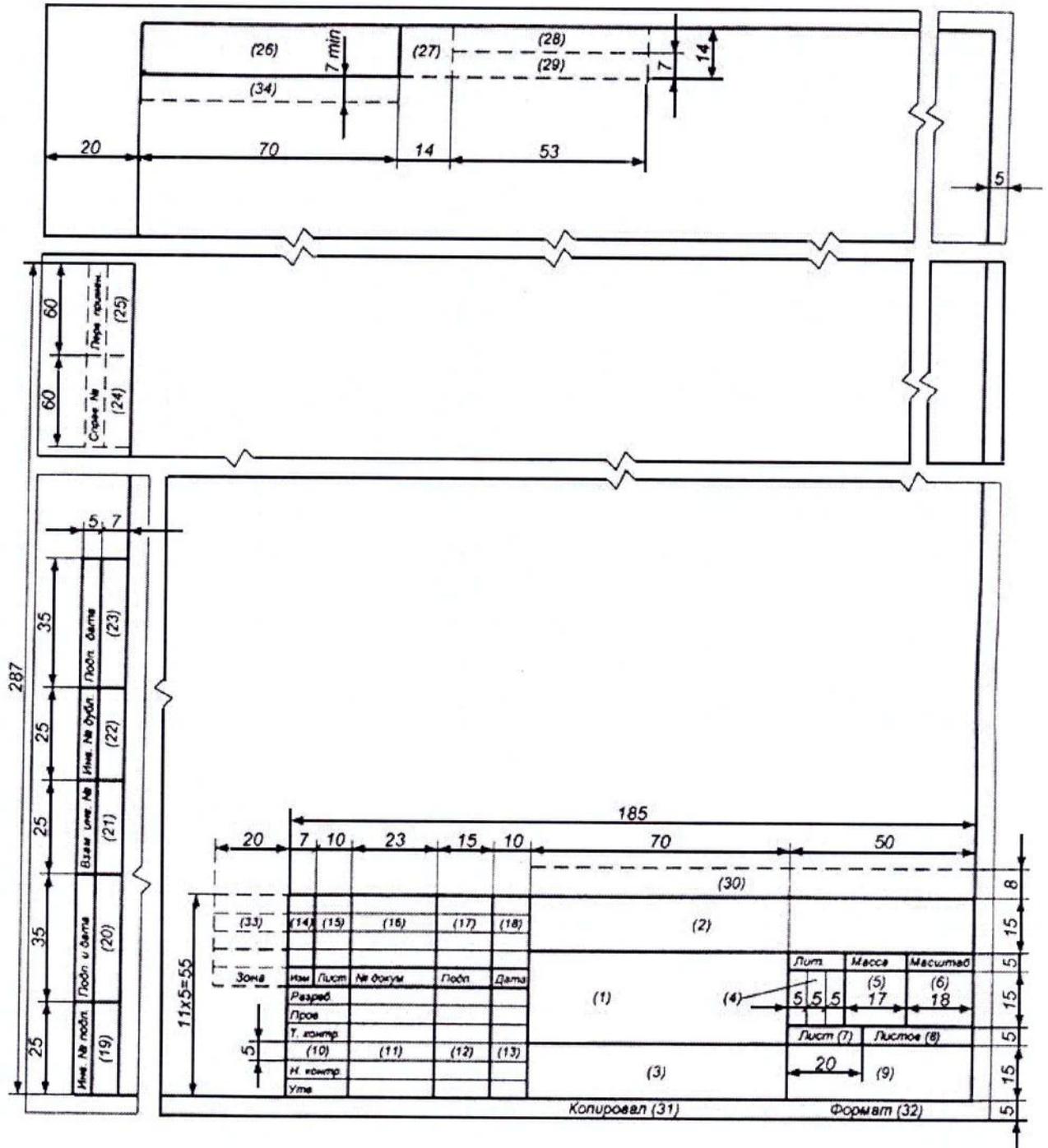
Принял: Орлов Ю.А.

Владимир 2015



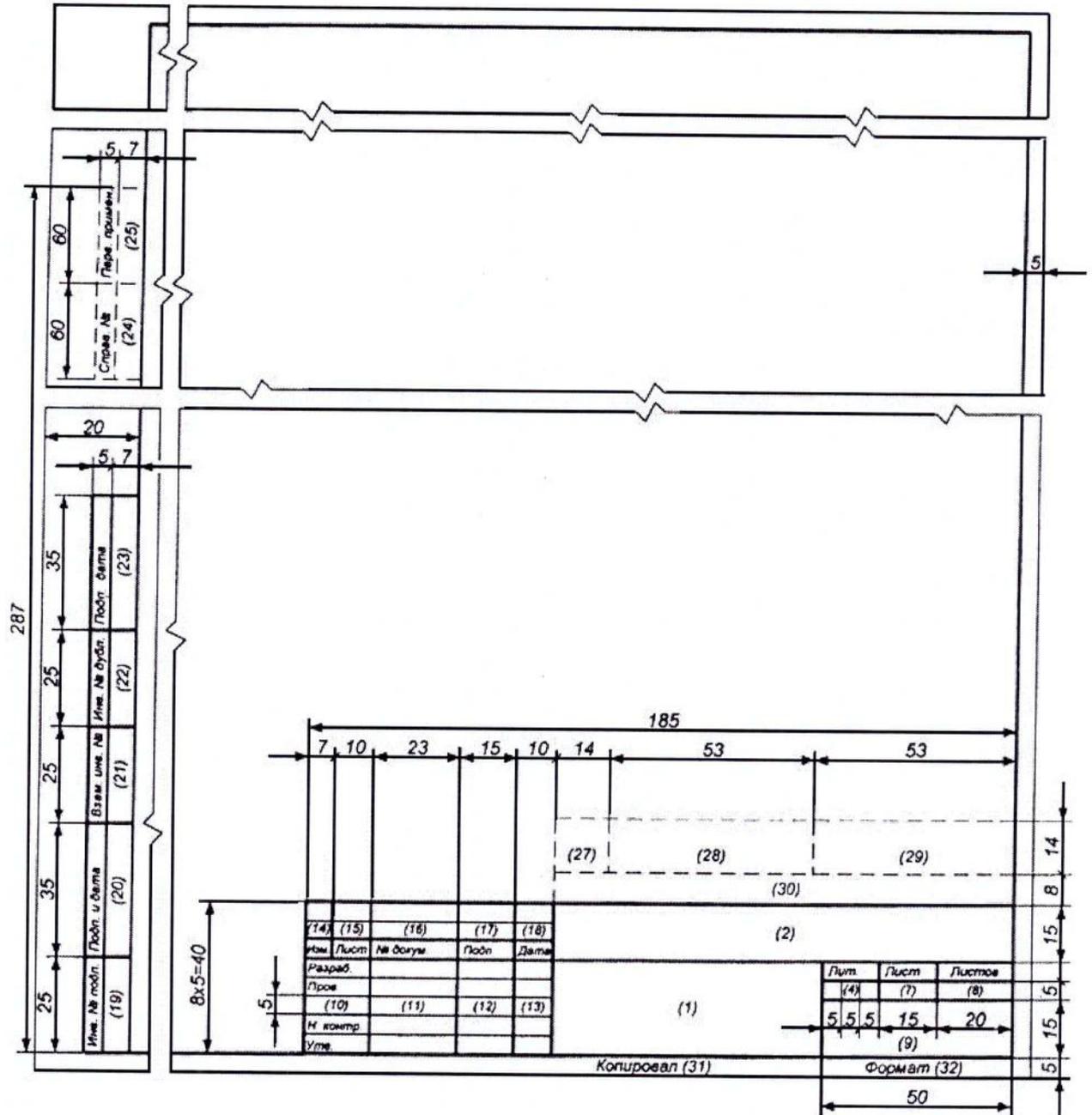
### Приложение 3

Основная надпись для чертежей и схем (первый или заглавный лист) по ГОСТ 2.104 - 68



## Приложение 4

Основная надпись для текстовых конструкторских документов (первый или заглавный лист) по ГОСТ 2.104 – 68 (высота граф 27-28 должна быть 14 мм вместо 7 мм)



## Приложение 5

### КАРТА ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРОЙ

Кафедра «Управление качеством и техническое регулирование»  
Направление (специальность) 27.03.02 «Управление качеством»  
Дисциплина «Основы конструирования средств измерений»

№ п/п	Автор, название, вид издания, издательство	Год издания	Количество экземпляров в библиотеке ВлГУ	Наличие в электронной библиотеке ВлГУ	Количество студентов, обучающихся по направлению	Обеспеченность студентов литературой, %
1	2	3	4	5	6	7
Основная литература						
1	Детали машин и основы конструирования: Основы расчета и проектирования соединений и передач: Учебное пособие/В.А.Жуков - 2 изд. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 416 с.: 60x90 1/16. - (ВО: Бакалавриат) (Переплёт) ISBN 978-5-16-010761-5,	2015		<a href="http://znanium.com/bookread2.php?book=504627">http://znanium.com/bookread2.php?book=504627</a>	20	100
2	Проектирование механических передач: Учебное пособие / С.А. Чернавский, Г.А. Снесарев, Б.С. Козинцов. - 7 изд., перераб. и доп. - М.: НИЦ Инфра-М, 2013. - 536 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). (п) ISBN 978-5-16-004470-5	2013		<a href="http://znanium.com/bookread2.php?book=368442">http://znanium.com/bookread2.php?book=368442</a>	20	100
3	Детали машин. Основы теории, расчета и конструирования: Учебное пособие / В.П. Олофинская. - М.: Форум: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 72 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). (обложка) ISBN 978-5-91134-933-2	2015		<a href="http://znanium.com/bookread2.php?book=467542">http://znanium.com/bookread2.php?book=467542</a>	20	100
Дополнительная литература						
4	Скойбеда, А.Т. Детали машин и основы конструирования [Электронный ресурс] : учебник / А.Т. Скойбеда, А.В. Кузьмин, Н.Н. Макейчик; под общ. ред. А.Т. Скойбеда. - Минск: Выш. шк., 2006. - 560 с. - ISBN 985-06-1055-7.	2006		<a href="http://znanium.com/bookread2.php?book=509744">http://znanium.com/bookread2.php?book=509744</a>	20	100
5	Основы расчета и конструирования машин и аппаратов перерабатывающих производств: Учебник/Зимняков В.М., Курочкин А.А., Спицын И.А. и др. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 360 с.: 60x90 1/16. - (ВО: Бакалавриат) (Переплёт 7БЦ) ISBN 978-5-16-010566-6	2016		<a href="http://znanium.com/bookread2.php?book=494036">http://znanium.com/bookread2.php?book=494036</a>	20	100
6	Курсовое проектирование деталей машин: Учебное пособие / С.А. Чернавский, К.Н. Боков, И.М. Чернин. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 414 с.: ил.; 60x90 1/16. - ISBN 978-5-16-004336-4.	2014		<a href="http://znanium.com/bookread2.php?book=429967">http://znanium.com/bookread2.php?book=429967</a>	20	100

Требования ФГОС ВО по обеспеченности дисциплины основной литературой - 50 %

Требования ФГОС ВО по обеспеченности дисциплины дополнительной литературой - 25 %

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / Орлов Ю.А. /  
(подпись) (Ф.И.О.)

« 11 » 03 2016 г.

«СОГЛАСОВАНО»

Директор научной библиотеки \_\_\_\_\_ / Т.А. Соколова /  
(подпись)

« 11 » 03 2016 г.

Работа одобрена НМСС «Управление качеством», в качестве методических указаний выполнения курсового проекта по «Основы конструирования средств измерений» для студентов специальности 27.03.02 «Управление качеством».

Рецензент кафедры ТД и ЭУ: к.т.н., профессор Гуськов В.Ф.

Данные методические указания составлены на основе программы курса «Основы конструирования средств измерений», согласно ФОС ВО по направлению 27.03.02 «Управление качеством».

Методические указания дадут возможность студентам выполнить курсовой проект по «Основы конструирования средств измерений» на конкретную тему по специальности 27.03.02 Управление качеством и подготовиться к выполнению выпускной квалификационной работе.

Биограф.: 12 назв.

Составители: Ю.А Орлов, К.В. Сурганова

Директор ИМиАТ: А.И. Елкин