

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уфимский государственный авиационный технический университет»**

Кафедра _____ Информатики _____

100	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
90												
80												
70												
60												
50												
40												
30												
20												
10												
0												

ОТЧЕТ

по лабораторной работе №5

«Расчет резьбовых

соединений»

по дисциплине **Основы конструкции объектов ОТС**

1306.558508.000 ПЗ

(обозначение документа)

Группа	СТС-407	Фамилия И.О.	Подпись	Дата	Оценка
Студент		Гараев Д.Н.			
Консультант		Минасов Ш. М.			
Принял					

Уфа – 2021 г.

Содержание

Введение	3
1 Ход работы	4
1.1 Задача 1	4
1.2 Задача 2	5
1.3 Задача 3	6
1.4 Задача 4	7
1.5 Задача 5	8
1.6 Задача 6	9
1.6.1 С зазором.....	9
1.6.2 Без зазора.....	10
1.7 Задача 7	11
1.7.1 С зазором.....	11
1.7.2 Без зазора.....	12
1.8 Задача 8	12
Заключение.....	14
Список литературы.....	15

					1306.558508.000 ПЗ		
Изм	Лист	№ докум	Подп	Дата			
Разраб		Гараев Д.Н.			Лабораторная работа №5 «Расчет резьбовых соединений»		
Провер.		Минасов Ш. М.					
Н. контр							
Утв							
						Лит	Лист
							2
						Листов	15
						УГАТУ СТС-407	

Введение

При проектировании изделий, подлежащих обслуживанию, разборке-сборке или возможному демонтажу используют разъемные соединения, в частном случае: резьбовые. Различают резьбовые соединения болтом, шпилькой и винтом.

В рамках выполнения лабораторной работы необходимо решить восемь задач.

					1306.558508.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп	Дата		3

1 Ход работы

1.1 Задача 1

Определить диаметр стержня грузового винта (Рисунок 1) и глубину ввинчивания в корпус. Грузовой винт нагружен силой Q . Материалы корпуса и винта указаны ниже:

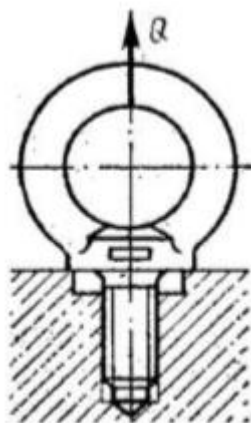


Рисунок 1 - Схема установки винта в корпус

$Q = 28 \text{ кН}$;

Материал корпуса: Д-1;

Материал болта: Ст10.

Определяем диаметр стержня. Стержень воспринимает только внешнюю растягивающую нагрузку (без предварительной затяжки). Опасным является сечение, ослабленное резьбой. Площадь этого сечения для метрических резьб оценивают по расчетному диаметру. Условие прочности по напряжениям растяжения в стержне имеет вид:

$$\sigma = \frac{4Q}{\pi d^2} \leq \sigma_p.$$

Отсюда определяем внутренний диаметр болта, способного выдержать нагрузку Q .

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{4Q}{\pi \sigma_p}}.$$

Для стали Ст10 $\sigma_p = 110 \text{ МПа}$.

Таким образом:

Изм	Лист	№ докум	Подп	Дата

1306.558508.000 ПЗ

Лист

4

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{4Q}{\pi\sigma_p}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 28 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 110}} = 18 \text{ мм.}$$

По ГОСТ 24705 - 88 принимаем метрическую резьбу М20 при $d_1 = 18,376$ мм; $t = 2,5$ мм (t - шаг резьбы, d_1 - наружный диаметр). Определяем глубину ввинчивания в корпус.

Корпус из дюралюминия Д-1. Предел прочности $\sigma_b = 372$ МПа, а у материала винта $\sigma_b = 451$ МПа.

Требуемая высота гайки (глубина ввинчивания) равна:

$$H = \frac{d_1^2 \cdot \sigma_p}{4 \cdot K_n \cdot d \cdot t_{cp}^1}.$$

Где K_n - коэффициент резьбы, показывающий отношение высоты прямоугольника, представляющего собой плоскость среза, к шагу резьбы. Для метрической резьбы гайки (корпуса) $K_n = 0,88$; t'_{cp} - допускаемое напряжение на срез дюралюминия Д-1. $t'_{cp} = 37,2$ МПа, отсюда:

$$H = \frac{18,376^2 \cdot 110}{4 \cdot 0,88 \cdot 20 \cdot 37,2} = 14,18 \text{ мм.}$$

Ответ: $d = \text{М20}$, $H = 14,18$ мм.

1.2 Задача 2

Две пластины соединяются болтами и нагружены усилием $P = 24$ кН. (). Болты поставлены в один ряд. Число болтов – 3 (z). Определить диаметр болтов при постановке их в отверстие с зазором. Материал болта: Бронза Бр АЖ 9-4, h пластины: $h = 10$.

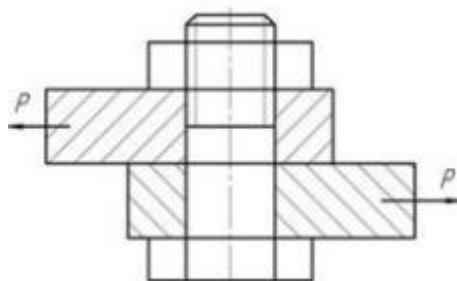


Рисунок 2 - Соединение пластин болтами

При болтовом соединении с зазором затяжкой болта обеспечивают необходимую силу трения между стянутыми деталями для предупреждения их сдвига и перекоса болта. Болт рассчитывают на силу затяжки:

$$Q = \frac{P}{f \cdot z} = \frac{d_1^2 \cdot [\sigma_p]}{4}.$$

Где:

P – сила сдвига, Н,

f – коэффициент трения; для бронзовых поверхностей без смазки $f = 0,15 \div 0,2$;

d_1 – внутренний диаметр резьбы, мм;

$[\sigma_p]$ – допускаемое напряжение при растяжении, для бронзы 110 МПа.

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot P}{f \cdot z \cdot \pi \cdot [\sigma_p]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 24000}{0,75 \cdot 3 \cdot \pi \cdot 110 \cdot 10^6}} = 11,11 \text{ мм}.$$

Согласно ГОСТ 8724-2002 (ИСО 261-98) «Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Диаметры и шаги» принимаем номинальный диаметр с ближайшим диаметром не менее расчетного $d=M12$ ($d_1=10,376$ мм, $t=1.75$ мм) (t шаг резьбы, d_1 наружный диаметр).

Ответ: $d = M12$.

1.3 Задача 3

Решить задачу 2 для постановки болтов в отверстие без зазора. Болт точеный устанавливается без зазора, плотно, с небольшим натягом. Такие болты работают на срез и смятие. На срез болт рассчитывают по формуле:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot P}{\pi \cdot [\tau_{ср}] \cdot z}}.$$

Допускаемое напряжение на срез, $[\tau_{ср}] = 2 [\sigma_{см}]$, $[\sigma_{см}] = 60$ МПа, следовательно, $[\tau_{ср}] = 120$ МПа.

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 24000}{\pi \cdot 120 \cdot 10^6 \cdot 3}} = 11,66 \text{ мм}.$$

Согласно ГОСТ 8724-2002 (ИСО 261-98) «Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Диаметры и шаги» принимаем

					1306.558508.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп	Дата		6

номинальный диаметр с ближайшим диаметром не менее расчетного $d = M12$ ($d_1 = 10,376$ мм, $t = 1.75$ мм) (t шаг резьбы, d_1 наружный диаметр).

На смятие болт рассчитывают по формуле:

$$d = \frac{P}{z \cdot h \cdot [\sigma_{см}]} = \frac{24000}{3 \cdot 10 \cdot 60 \cdot 10^6} = 13,3 \text{ мм.}$$

Согласно ГОСТ 8724-2002 (ИСО 261-98) «Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Диаметры и шаги» принимаем номинальный диаметр с ближайшим диаметром не менее расчетного $d = M14$ ($d_1 = 12,376$ мм, $t = 2$) (t шаг резьбы, d_1 наружный диаметр). Так как диаметр при смятии больше чем при срезе, берем значение $d=M14$.

Ответ: $d=M14$.

1.4 Задача 4

Рычаг неподвижно соединяется с валом и нагружен силой $P = 0,8$ кН. Число болтов – 1, диаметр вала $D = 55$ мм, радиус рычага $R = 250$ мм. Определить размеры болтов. Материал вала Сталь 45. Материал рычага серый чугун СЧ 12-28, $a = 60$ мм.

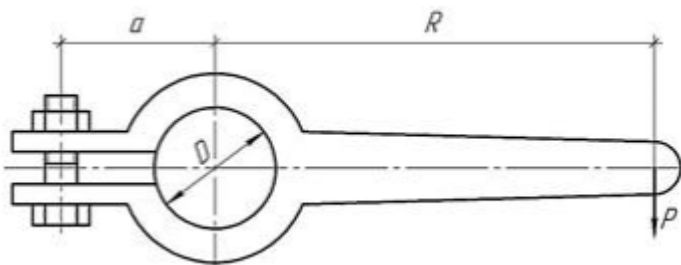


Рисунок 3 - Соединение рычагом и валом

Расчетная нагрузка для болта, принимая $f=0,2$, тогда:

$$P = \frac{1,2 \cdot Q \cdot R}{f(2a + D)} = \frac{1,2 \cdot 800 \cdot 0,25}{0,2(0,12 + 0,055)} = 6857,14$$

Далее болт рассчитывают по формуле:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot P}{\pi \cdot [\sigma_p] \cdot z}}.$$

Допускаемое напряжение на растяжение, $[\sigma_p] = 140$ МПа.

Изм	Лист	№ докум	Подп	Дата
-----	------	---------	------	------

1306.558508.000 ПЗ

Лист

7

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 6857,14}{\pi \cdot 140 \cdot 10^6 \cdot 1}} = 7,9 \text{ мм.}$$

Согласно ГОСТ 8724-2002 (ИСО 261-98) «Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Диаметры и шаги» принимаем номинальный диаметр с ближайшим диаметром не менее расчетного $d = M8$ ($d_1 = 7,376$ мм, $t = 1.25$) (t шаг резьбы, d_1 наружный диаметр).

Рабочее напряжение растяжения рассчитывается так:

$$\sigma_p = \frac{P}{z \cdot F} = \frac{6857,14}{1 \cdot 55,07} = 124,53 \text{ МПа,}$$

что вполне допустимо.

Ответ: $d = M8$.

1.5 Задача 5

Определить диаметр болтов фланцевого соединения верхней части автоклава с его корпусом. Давление жидкости внутри автоклава по манометру $P=1,2$ МПа, внутренний диаметр верхней части автоклава $D=200$ мм и количество болтов 8. Недостающие данные принять самостоятельно.

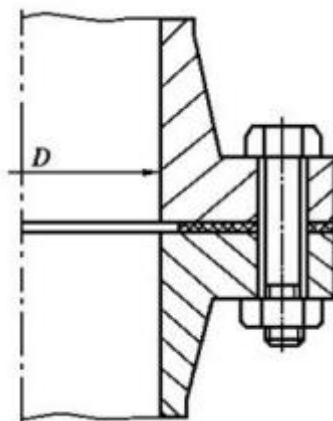


Рисунок 4 - Соединение косынки с полосовой сталью

Сила, открывающая крышку, рассчитывается по формуле, приведенной ниже:

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot P}{4} = \frac{\pi \cdot 40000 \cdot 1,2 \cdot 10^6}{4 \cdot 10^6} = 37680 \text{ Н.}$$

Принимаем для надежности расчетную нагрузку $P=2Q$, тогда:

$$2Q \leq F \cdot [\sigma_p] \cdot i,$$

где:

F – площадь сечения шпильки по внутреннему диаметру резьбы, мм²;

i – число шпилек.

Определяем $[\sigma_p]$:

$$F \cdot [\sigma_p] = \frac{2 \cdot 37680}{6} = 12560 \text{ Н},$$

Для расчетов взята шпилька М12 с сечением $F = 84,37 \text{ мм}^2$, следовательно:

$$[\sigma_p] = \frac{12560}{84,37} = 148,86 \text{ МПа},$$

что вполне допустимо. Ответ: $d = \text{М12}$.

1.6 Задача 6

Фланцевая муфта передает крутящий момент $M_{кр} = 22 \text{ Нм}$. Наружный диаметр муфты $D = 400 \text{ мм}$, диаметр проточки $D_1 = 180 \text{ мм}$, диаметр вала $d = 50 \text{ мм}$, диаметр по осям болтов $d_2 = 300 \text{ мм}$, число болтов $z = 8$. Определить размеры болтов для двух случаев постановки их в отверстия: 1) с зазором, 2) без зазора.

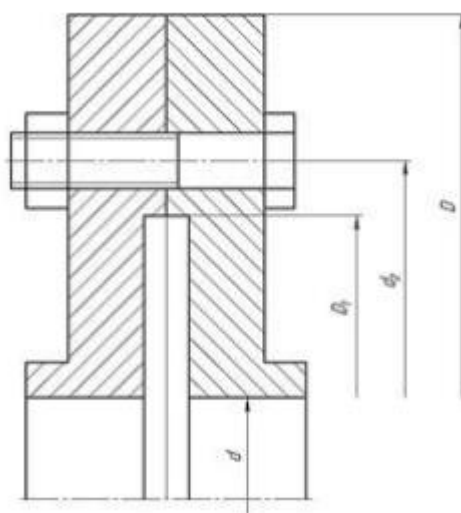


Рисунок 5 - Фланцевая муфта

1.6.1 С зазором

Примем материал болта сталь Ст.1 $[\tau_{ср}] = 65 \text{ МПа}$, $[\sigma_{см}] = 155 \text{ МПа}$. Сила затяжки болта, поставленного в отверстие с зазором, коэффициент трения f примем 0,2, тогда:

Изм	Лист	№ докум	Подп	Дата	1306.558508.000 ПЗ	Лист
						9

$$Q = \frac{3 \cdot M_{кр}}{z \cdot f \cdot d_2} = \frac{3 \cdot 22}{8 \cdot 0,2 \cdot 0,3} = 137,5 Н.$$

Болт рассчитывают на срез и смятие по диаметру точеного стержня. На срез болт рассчитывают по формуле:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot [\tau_{ср}]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 137,5}{\pi \cdot 65}} = 1,64 мм.$$

Согласно ГОСТ 8724-2002 (ИСО 261-98) «Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Диаметры и шаги» принимаем номинальный диаметр с ближайшим диаметром не менее расчетного $d = M1,8$ ($d_1 = 1,583$ мм, $t = 0,2$) (t шаг резьбы, d_1 наружный диаметр).

На смятие болт рассчитывают по формуле:

$$h \geq \frac{Q}{d \cdot [\sigma_{см}]} = \frac{137,5}{1,8 \cdot 155} = 0,49 мм.$$

Ответ: $d = M1,8$.

1.6.2 Без зазора

Примем материал болта сталь Ст.1 $[\tau_{ср}] = 65$ МПа, $[\sigma_{см}] = 155$ МПа. Сила затяжки болта, поставленного в отверстие без зазора тогда равна:

$$Q = \frac{3 \cdot M_{кр}}{z \cdot d_2} = \frac{3 \cdot 22}{8 \cdot 0,3} = 27,5 Н.$$

Болт рассчитывают на срез и смятие по диаметру точеного стержня. На срез болт рассчитывают по формуле:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot [\tau_{ср}]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 27,5}{\pi \cdot 65}} = 0,73 мм.$$

Согласно ГОСТ 8724-2002 (ИСО 261-98) «Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Диаметры и шаги» принимаем номинальный диаметр с ближайшим диаметром не менее расчетного $d = M0,8$ ($d_1 = 0,583$ мм, $t = 0,2$ мм) (t шаг резьбы, d_1 наружный диаметр).

На смятие болт рассчитывают по формуле:

$$h \geq \frac{Q}{d \cdot [\sigma_{см}]} = \frac{27,5}{0,8 \cdot 155} = 0,22 мм.$$

					1306.558508.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп	Дата		10

Ответ: $d = M0,8$.

1.7 Задача 7

Болты с эксцентричной головкой нагружены поперечной силой $P = 8$ кН. Число болтов $z = 1$. Коэффициент трения в стыке $f = 0,15$. Определить диаметр болтов при установке их в отверстие 1) с зазором и 2) без зазора.

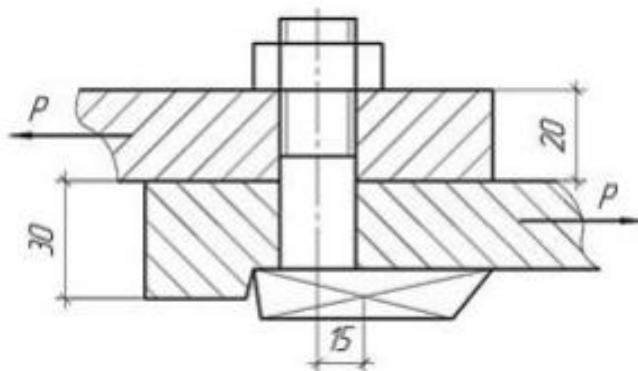


Рисунок 6 - Болты с эксцентричной головкой

1.7.1 С зазором

Болт рассчитывают на силу затяжки:

$$Q = \frac{P}{f \cdot z} = \frac{d_1^2 \cdot [\sigma_p]}{4},$$

где:

P – сила сдвига, Н,

f – коэффициент трения; для чугунных и стальных поверхностей без смазки $f = 0,15 \div 0,2$;

d_1 – внутренний диаметр резьбы, мм;

$[\sigma_p]$ – допускаемое напряжение при растяжении, для стали 3 125 МПа.

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot P}{f \cdot z \cdot \pi \cdot [\sigma_p]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 8000}{0,175 \cdot 1 \cdot \pi \cdot 3125}} = 4,32 \text{ мм.}$$

Согласно ГОСТ 8724-2002 (ИСО 261-98) «Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Диаметры и шаги» принимаем номинальный диаметр с ближайшим диаметром не менее расчетного $d = M4,5$ ($d_1 = 4$ мм, $t = 0,5$ мм) (t шаг резьбы, d_1 наружный диаметр).

Изм	Лист	№ докум	Подп	Дата

1306.558508.000 ПЗ

Лист

11

Ответ: $d = M4,5$.

1.7.2 Без зазора

Болт рассчитывают на срез и смятие по диаметру точеного стержня. $[\tau_{ср}] = 60$ МПа, $[\sigma_{см}] = 155$ МПа. На срез болт рассчитывают по формуле:

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot P}{z \cdot \pi \cdot [\tau_{ср}]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 8000}{1 \cdot \pi \cdot 60}} = 13,03 \text{ мм.}$$

Согласно ГОСТ 8724-2002 (ИСО 261-98) «Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Диаметры и шаги» принимаем номинальный диаметр с ближайшим диаметром не менее расчетного $d = M14$ ($d_1 = 12,376$ мм, $t = 1,5$ мм) (t шаг резьбы, d_1 наружный диаметр).

На смятие болт рассчитывают по формуле:

$$h \geq \frac{P}{d \cdot z \cdot [\sigma_{см}]} = \frac{8000}{14 \cdot 1 \cdot 155} = 3,69 \text{ мм.}$$

Ответ: $d = M14$.

1.8 Задача 8

Рассчитать болты, крепящие кронштейн металлической колонки. Соединение нагружено силой $F = 7,5$ кН. Размеры кронштейна: $a = 250$ мм, $b = 600$ мм. Нагрузка статическая. Материал болтов - сталь Ст 3.

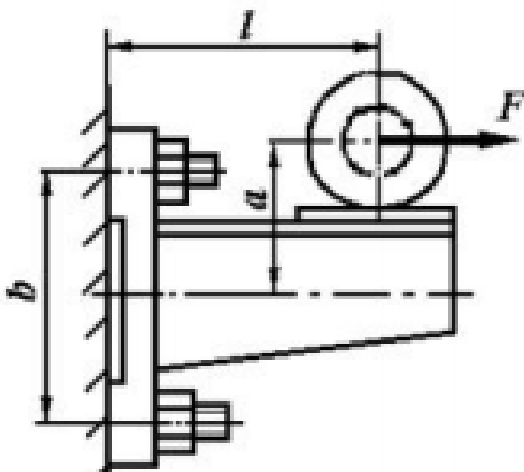


Рисунок 7 - Схема нагружения кронштейна

Кронштейн скреплен со стеной двумя болтами, при этом на него действуют следующие силы:

F – внешняя нагрузка, Н;

P – сила затяжки болтов, Н;

R – сила реакции стены, Н, определяемая по формуле, приведенной ниже:

$$R = \sigma_{см} F.$$

Где:

$\sigma_{см}$ – напряжение смятия опоры от затягивания силой 2P, МПа;

Допускаемое напряжение смятия $[\sigma_{см}]$ для кирпичной кладки принимают 1,2 МПа;

F – опорная площадь плиты, мм².

Точка приложения силы R находится на расстоянии 1/3 h от нижнего края плиты, где примем h = 300 – высота плиты, мм.

Используя условие равновесия и принимая за центр моментов точку пересечения оси нижнего болта со стеной, получаем:

$$F \cdot b + \frac{R \cdot h}{3} - P \cdot b = 0.$$

Из уравнения находят силу P затяжки болта, по которой определяют его диаметр:

$$P = \frac{F \cdot b + \frac{R \cdot h}{3}}{b} = \frac{0,09 \cdot 0,6 + \frac{1,2 \cdot 7500 \cdot 0,3}{3}}{0,6} = 15009,4 \text{ Н}.$$

Допускаемое напряжение $[\sigma_p]$ возьмем для Ст.3 125 МПа по таблице «Допускаемые напряжения и механические свойства материалов».

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot P}{\pi \cdot [\sigma_p]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 15009,4}{1 \cdot \pi \cdot 125}} = 12,368 \text{ мм}.$$

Согласно ГОСТ 8724-2002 (ИСО 261-98) «Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Диаметры и шаги» принимаем номинальный диаметр с ближайшим диаметром не менее расчетного d = M13 (d₁ = 11,376 мм, t = 1,5 мм) (t шаг резьбы, d₁ наружный диаметр).

Ответ: d = M13.

					1306.558508.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп	Дата		13

Закключение

В ходе лабораторной работы были закреплены знания и получены практические навыки расчета резьбовых соединений.

Для данных расчетных схем были рассчитаны диаметры болтов. Определены размеры болтов для двух случаев постановки их в отверстия: 1) с зазором, 2) без зазора.

Согласно ГОСТ 8724-2002 (ИСО 261-98) «Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Диаметры и шаги» принимаемые номинальные диаметры с ближайшим диаметром не менее расчетного для задач (t шаг резьбы, d1 наружный диаметр):

1. d = M20 (d1 = 18,376 мм, t = 2,5)
2. d = M12 (d1 = 10,376 мм, t = 1,75)
3. d = M14 (d1 = 12,376 мм, t = 2)
4. d = M8 (d1 = 7,376 мм, t = 1,25).
5. d = M12 (d1 = 10.376 мм, t = 1.5 мм)
6. с зазором: d = M1,8 (d1 = 1,583 мм, t = 0.2 мм)
без зазора: d = M0,8 (d1 = 0,583 мм, t = 0.2 мм)
7. с зазором: d = M4,5 (d1 = 4 мм, t = 0,5 мм)
без зазора: d = M14 (d1 = 12,376 мм, t = 1,5 мм)
8. d = M13 (d1 = 11,376 мм, t = 1,5 мм).

Список литературы

1. Минасов Ш.М. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Основы конструкции объектов ОТС». [Электронный ресурс]. URL: <http://informatic.ugatu.ac.ru/resources/content/ocoots/03.lab/Lab-005-2020.pdf> (Дата обращения: 16.04.2020).

2. ГОСТ 24705-2004 (ИСО 724:1993) «Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Основные размеры» [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200038934> (Дата обращения: 16.04.2020).

3. Справочник «Допускаемые напряжения и механические свойства материалов» [Электронный ресурс]. URL: https://alexfl.pro/inform/inform_stali4.html (Дата обращения: 16.04.2020).

					1306.558508.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп	Дата		15