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

Уфа – 2021 г.

**Содержание**

[Введение 3](#_Toc69463764)

[1 Ход работы 4](#_Toc69463765)

[1.1 Задача 1 4](#_Toc69463766)

[1.2 Задача 2 5](#_Toc69463767)

[1.3 Задача 3 6](#_Toc69463768)

[1.4 Задача 4 7](#_Toc69463769)

[1.5 Задача 5 8](#_Toc69463770)

[1.6 Задача 6 9](#_Toc69463771)

[1.6.1 С зазором 9](#_Toc69463772)

[1.6.2 Без зазора 10](#_Toc69463773)

[1.7 Задача 7 11](#_Toc69463774)

[1.7.1 С зазором 11](#_Toc69463775)

[1.7.2 Без зазора 12](#_Toc69463776)

[1.8 Задача 8 12](#_Toc69463777)

[Заключение 14](#_Toc69463778)

[Список литературы 15](#_Toc69463779)

# 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.

# Ход работы

## 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:

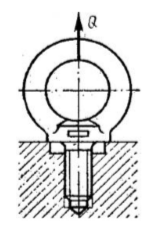


Рисунок 1 - Схема установки винта в корпус

Q = 28 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:



Отсюда определяем внутренний диаметр болта, способного выдержать нагрузку Q.



Для стали Ст10 σр = 110 МПа.

Таким образом:



По ГОСТ 24705 - 88 принимаем метрическую резьбу М20 при d1 = 18,376 мм; t = 2,5 мм (t - шаг резьбы, d1 - наружный диаметр). Определяем глубину ввинчивания в корпус.

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

Требуемая высота гайки (глубина ввинчивания) равна:



Где Kn - коэффициент резьбы, показывающий отношение высоты прямоугольника, представляющего собой плоскость среза, к шагу резьбы. Для метрической резьбы гайки (корпуса) Kn = 0,88; t’ср - допускаемое напряжение на срез дюралюминия Д–1. t’ср = 37,2 МПа, отсюда:



Ответ: d = M20, H = 14,18 мм.

## Задача 2

Две пластины соединяются болтами и нагружены усилием Р = 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.

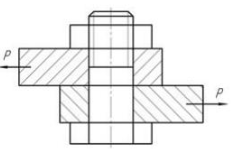


Рисунок 2 - Соединение пластин болтами

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:



Где:

Р – сила сдвига, Н,

f – коэффициент трения; для бронзовых поверхностей без смазки f = 0,15÷0,2;

d1 – внутренний диаметр резьбы, мм;

[𝜎р] – допускаемое напряжение при растяжении, для бронзы 110 МПа.



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 (d1=10,376 мм, t =1.75 мм) (t шаг резьбы, d1 наружный диаметр).

Ответ: d = M12.

## 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:



Допускаемое напряжение на срез, [𝜏ср] = 2 [𝜎𝑐м], [𝜎𝑐м] = 60 МПа, следовательно, [𝜏ср] = 120 МПа.



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 (d1 = 10,376 мм, t = 1.75 мм) (t шаг резьбы, d1 наружный диаметр).

На смятие болт рассчитывают по формуле:



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 (d1 = 12,376 мм, t = 2) (t шаг резьбы, d1 наружный диаметр). Так как диаметр при смятии больше чем при срезе, берем значение d=M14.

Ответ: d=M14.

## Задача 4

Рычаг неподвижно соединяется с валом и нагружен силой Р = 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, а = 60 мм.

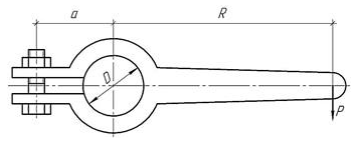


Рисунок 3 - Соединение рычагом и валом

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



Далее болт рассчитывают по формуле:



Допускаемое напряжение на растяжение, [𝜎р] = 140 МПа.



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 (d1 = 7,376 мм, t = 1.25) (t шаг резьбы, d1 наружный диаметр).

Рабочее напряжение растяжения рассчитывается так:



что вполне допустимо.

Ответ: d = М8.

## 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.

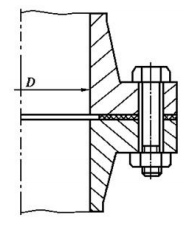


Рисунок 1 - Соединение косынки с полосовой сталью

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



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



где:

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

i – число шпилек.

Определяем [𝜎р]:



Для расчетов взята шпилька М12 с cечением F = 84,37 мм2, следовательно:



что вполне допустимо. Ответ: d = M12.

## Задача 6

Фланцевая муфта передает крутящий момент Мкр = 22 Нм .Наружный диаметр муфты D = 400 мм, диаметр проточки D1 = 180 мм, диаметр вала d = 50 мм, диаметр по осям болтов d2 = 300 мм, число болтов z = 8. Определить размеры болтов для двух случаев постановки их в отверстия: 1) с зазором, 2) без зазора.

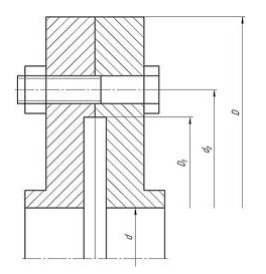


Рисунок 2 - Фланцевая муфта

### С зазором

Примем материал болта сталь Ст.1 [𝜏ср] = 65 МПа, [𝜎см] = 155 МПа. Сила затяжки болта, поставленного в отверстие с зазором, коэффициент трения f примем 0,2, тогда:



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



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 (d1 = 1,583 мм, t = 0.2) (t шаг резьбы, d1 наружный диаметр).

На смятие болт рассчитывают по формуле:



Ответ: d = М1,8.

### Без зазора

Примем материал болта сталь Ст.1 [𝜏ср] = 65 МПа, [𝜎см] = 155 МПа. Сила затяжки болта, поставленного в отверстие без зазора тогда равна:



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



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 (d1 = 0,583 мм, t = 0,2 мм) (t шаг резьбы, d1 наружный диаметр).

На смятие болт рассчитывают по формуле:



Ответ: d = M0,8.

## Задача 7

Болты с эксцентричной головкой нагружены поперечной силой Р = 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.

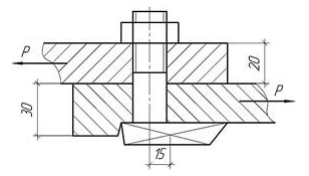


Рисунок 3 - Болты с эксцентричной головкой

### С зазором

Болт рассчитывают на силу затяжки:



где:

P – сила сдвига, Н,

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

d1 – внутренний диаметр резьбы, мм;

[𝜎р] – допускаемое напряжение при растяжении, для стали 3 125 МПа.



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 (d1 = 4 мм, t = 0,5 мм) (t шаг резьбы, d1 наружный диаметр).

Ответ: d = M4,5.

### Без зазора

Болт рассчитывают на срез и смятие по диаметру точеного стержня. [𝜏ср] = 60 МПа, [𝜎𝑐м] = 155 МПа. На срез болт рассчитывают по формуле:



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 (d1 = 12,376 мм, t = 1,5 мм) (t шаг резьбы, d1 наружный диаметр).

На смятие болт рассчитывают по формуле:



Ответ: d = М14.

## Задача 8

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

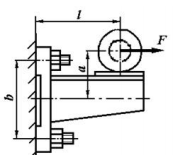


Рисунок 4 - Схема нагружения кронштейна

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:



Где:

𝜎𝑐м – напряжение смятия опоры от затягивания силой 2P, МПа;

Допускаемое напряжение смятия [𝜎𝑐м] 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:



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



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



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 = М13.

# Заключение

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).