

15 группа

Дисциплина: **ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ И  
СЛЕСАРНЫХ РАБОТ**

Выполненные задания высылать на почту **derksen-  
olga@list.ru** - срок **до 16.10.2020**

**Выполнить практическую работу № 2**

**Уважаемые студенты.**

**Т. к у вас нет тетрадей для практических работ  
Практическую работу №2 выполняйте на двойных  
листочка в клетку.**

**Записываете:**

**Практическая работаи№2**

**Тему, цель работы, задание.**

**Внимательно читаете задание и выполняете. Все  
необходимое для выполнения работы есть в методичке.  
Посмотрите примеры для расчета заклепочного шва.**

**1 Вариант - те студенты кто на информатике в 41  
кабинете**

**2 Вариант - те студенты кто на информатике в 42  
кабинете**

## Практическая работа №2

**Тема:** Расчет заклепочных швов.

**Цель работы:** Усвоить основные сведения о заклепочных соединениях. Научиться рассчитывать заклепочные швы

**Задание:**

1. Прочитайте краткие теоретические сведения
2. Начертите схему заклепки.
3. Рассчитайте заклепочные швы по вариантам.
4. Начертить расчётную схему заклепки
5. Ответьте на контрольные вопросы

**Форма организации работы** - индивидуальная

**Форма отчетности по занятию:** выполнение заданий в тетрадях для практических и лабораторных работ.

**Список литературы:**

1. Писаренко Г. С. Соппротивление материалов / Г. С. Писаренко, В. А. Агарев, А. Л. Квитка, В. Г. Попков, Э. С. Уманский. - Киев: Вышш. шк., 1986. - 776 с.
2. Беляев Н. М. Соппротивление материалов / Н. М. Беляев. - М.:Наука,1976. -607 с.

**Материалы:** исходные данные, справочный материал, задание.

**Содержание отчета:** указать тему, цель, задание, выполненное задание, привести ответы на контрольные вопросы.

### 1. Краткие теоретические сведения.

В современном производстве широко распространено соединения листов, прокатных профилей и других конструктивных элементов с помощью заклепок. Несмотря на очевидные недостатки (значительный расход металла, повышенные трудоемкость и стоимость изготовления) заклепочные соединения, являясь более стабильными и удобными для контроля их качества, применяются в особо ответственных конструкциях, воспринимающих интенсивные вибрационные или большие повторные ударные нагрузки (самолеты, мостовые конструкции т.п.). Заклепочные соединения применяются в конструкциях, не допускающих сварки из-за возможности коробления деталей, а также в конструкциях, детали которых изготавливаются из несвариваемых материалов.

Заклепка представляет собой стержень круглого поперечного сечения с головками по концам, одна из которых, называемая закладной, изготавливается одновременно со стержнем, а другая, называемая замыкающей (показана пунктиром на рисунок 1), выполняется в процессе клепки.

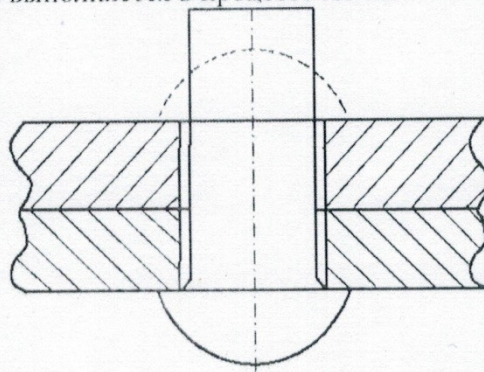


Рисунок 1 – Схема заклепки

Для облегчения установки заклепки диаметр отверстий соединяемых частей выполняют несколько большим диаметра стержня неустановленной заклепки. В результате клепки стержень заклепки осаживается и плотно заполняет отверстие. При этом существуют технологии установки заклепок, как с предварительным нагревом стержня заклепки, так и без нагрева.

Таким образом, расчет заклепки производят по диаметру стержня установленной заклепки (т.е. по диаметру отверстия).

Соединение конструктивных элементов, осуществленное группой заклепок, называется заклепочным соединением. Некоторое количество заклепок, расположенных упорядоченным образом, называется заклепочным швом. Используются следующие виды заклепочных швов: нахлесточные: (однорядные и двухрядные на рис. 2, и многорядные), стыковые с одной накладкой: (однорядные на рис. 3, двухрядные и многорядные), стыковые с двумя накладками: (однорядные на рис. 4, двухрядные и многорядные). По числу работающих на срез сечений заклепок, заклепочные швы бывают односрезные, двухсрезные и многосрезные.

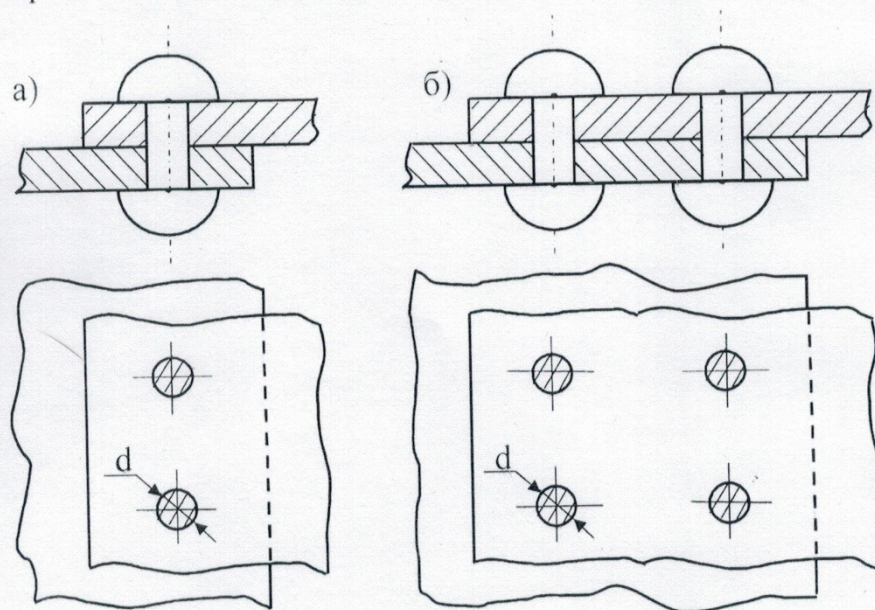


Рис. 2. Нахлесточные односрезные заклепочные швы  
а) однорядный; б) двухрядный

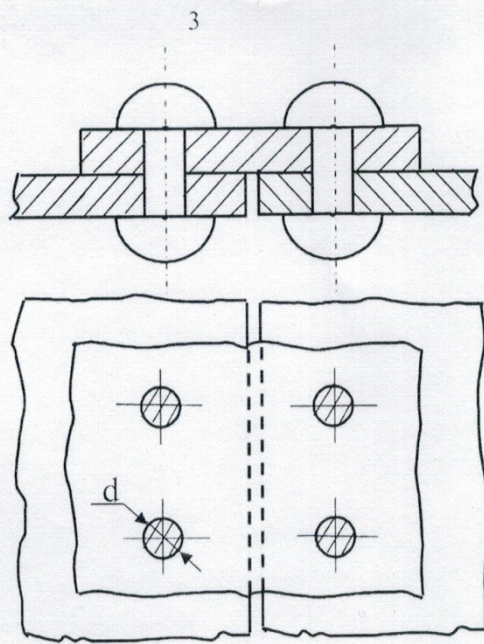


Рис. 3. Стыковой однорядный односрезовый  
заклепочный шов с одной накладкой

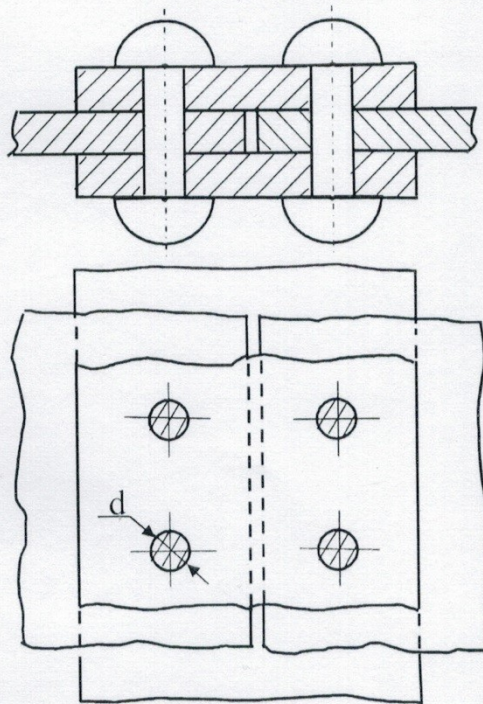


Рис. 4. Стыковой однорядный двухсрезовый  
заклепочный шов с двумя накладками

Проектирование заклепочного соединения, помимо нормативного назначения шага заклепочного шва, расстояния заклепок до края соединяемого конструктивного элемента и расстояния между рядами заклепок, заключается в расчете диаметра (при заданном количестве заклепок) или количества заклепок (при заданном диаметре заклепок).

В процессе эксплуатации большинство заклепочных соединений подвергается сдвигу (срезу), препятствием которому являются стержни заклепок. При расчете заклепочных соединений, нагруженных силой в плоскости раздела (соприкосновения) конструктивных элементов (например, листов) исходят из допущения о том, что нагрузка в результате возникновения пластических деформаций равномерно распределяется между всеми заклепками.

Например, в случае действия на нахлесточное односрезное заклепочное соединение сдвигающей нагрузки  $P$ , на каждую заклепку передается действие двух равных и противоположно направленных сил  $P_1$  (см. рис. 5,а), действие которых передается на заклепку путем нажима соответствующего листа на боковую полуцилиндрическую поверхность стержня заклепки.

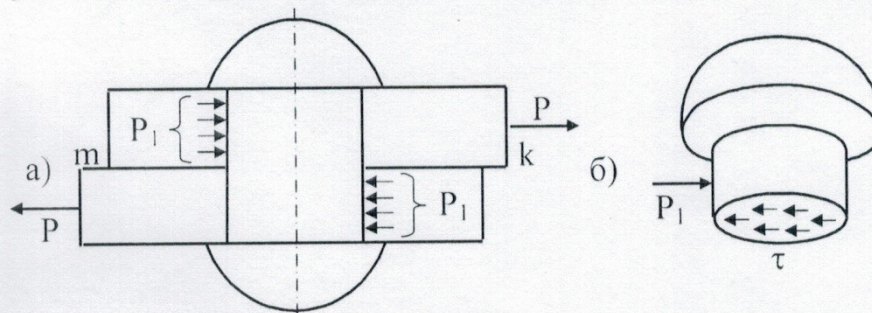


Рис. 5. Расчетная схема заклепки  
а) заклепочное соединение; б) сечение  $m-k$  заклепки

Если в нахлесточное заклепочное соединение входит  $n$  заклепок или стыковое заклепочное соединение содержит  $n$  заклепок по одну сторону от стыка, то определение силы  $P_1$  производится по выражению

$$P_1 = \frac{P}{n}$$

Силы  $P_1$  стремятся перерезать заклепку по плоскости  $mk$  раздела листов. В сечении  $mk$  заклепки (см. рис. 5,б) возникает внутренняя поперечная сила  $Q$  (равная и противоположная силе  $P_1$ ), являющаяся равнодействующей касательных напряжений  $\tau$ .

Обычно принимают равномерное распределение касательных напряжений  $\tau$  по сечению  $mk$ . Определение касательных напряжений производится по формуле

$$\tau = \frac{P_1}{\frac{\pi d^2}{4}} = \frac{P}{\frac{n\pi d^2}{4}}$$

Условие прочности заклепки на срез выражается следующей формулой

$$\tau = \frac{P}{n \frac{\pi d^2}{4}} \leq [\tau]$$

где  $[\tau]$  - допускаемое касательное напряжение на срез.

Определение  $[\tau]$  производится по выражениям  $[\tau] = 0,5[\sigma]$  или  $[\tau] = 0,6[\sigma]$  соответствующим третьей и четвертой теориям прочности.

Исходя из условия прочности заклепки, при заданном количестве заклепок, определяется необходимый диаметр заклепок

$$d \geq \sqrt{\frac{4P}{n\pi[\tau]}}$$

При заданном диаметре заклепок определяется необходимое количество заклепок

$$n \geq \frac{P}{\frac{\pi d^2}{4} [\tau]}$$

Каждая заклепка стыкового заклепочного соединения с двумя накладками (см. рис. 4) подвергается срезу по двум плоскостям. В связи с этим обстоятельством касательные напряжения в таких заклепках определяются по формуле

$$\tau = \frac{P}{2n \frac{\pi d^2}{4}}$$

В случае многосрезных заклепочных соединений касательные напряжения определяются по формуле

$$\tau = \frac{P}{kn \frac{\pi d^2}{4}},$$

где  $k$  - число плоскостей срезов заклепки.

ответственно формулы для определения диаметра и количества заклепок записываются следующим образом

$$d = \sqrt{\frac{4P}{kn\pi[\tau]}} \quad n \geq \frac{P}{k \frac{\pi d^2}{4} [\tau]}$$

При передаче давления от листов на заклепку помимо среза может происходить смятие поверхности стенок отверстий в листах и поверхности стержня заклепки. Возникающие при этом нормальные напряжения смятия  $\sigma_{см}$  определяются по формуле

$$\sigma_{см} = \frac{P}{nF_{см}},$$

где  $F_{см}$  - площадь проекции полуцилиндрической поверхности заклепки на диаметральную плоскость сечения заклепки (представляет собой прямоугольник, показанный рис. 6,б).

В случае нахлесточного заклепочного соединения листов разной толщины при расчете  $F_{см}$  используется толщина более тонкого листа. При расчете стыковых заклепочных соединений используется наименьшее значение  $F_{см}$ , определяемое для более тонких элементов (листа или накладки для односрезного соединения, листа или суммарной толщины двух накладок для двухсрезного соединения, листов, сдвигаемых в одном направлении, с меньшей суммарной толщиной для многосрезных соединений).

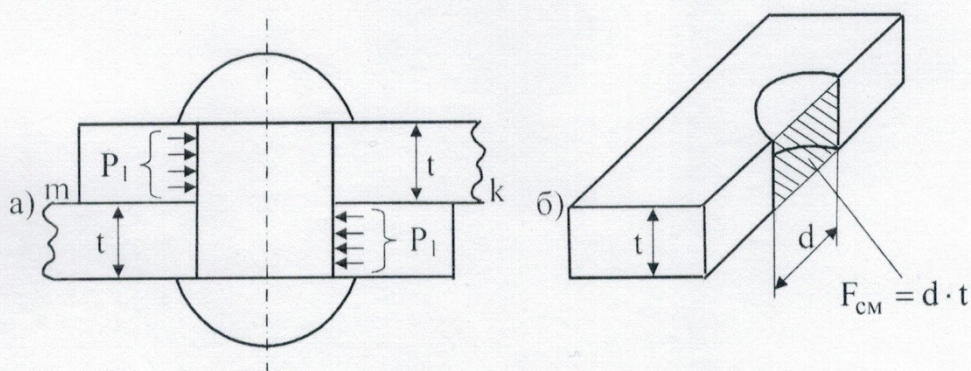


Рис. 6. Расчетная схема при расчете на смятие  
а) односрезное заклепочное соединение; б) площадь  $F_{см}$

Условие прочности заклепки на смятие имеет следующий вид

$$\sigma_{см} = \frac{P}{ndt} \leq [\sigma_{см}],$$

где  $[\sigma_{см}]$  - допускаемое напряжение на смятие,  
t - толщина листов.

Допускаемые напряжения на смятие рассчитываются по формуле

$$[\sigma_{см}] = (2 \div 2,5)[\sigma_c]$$



Исходя из условия прочности на смятие при заданном количестве заклепок определяется диаметр заклепок

$$d \geq \frac{P}{nt[\sigma_{\text{см}}]}$$

При заданном диаметре заклепок определяется необходимое количество заклепок

$$n \geq \frac{P}{dt[\sigma_{\text{см}}]}$$

Для одновременного удовлетворения условиям прочности заклепок на срез и на смятие окончательно принимаются большие значения как диаметров, так и количества заклепок.

### 3. ПРИМЕРЫ

#### Пример 1

Определить необходимое количество заклепок диаметром 20 мм (0,02 м) для соединения внахлест двух листов толщиной  $t_1 = 8$  мм (0,008 м) и  $t_2 = 10$  мм (0,01 м) (см. рис. 7). Силы  $P$  равны 20 т (200 кН). Допускаемые напряжения: на срез  $[\tau] = 1400$  кг/см<sup>2</sup> (140 МПа), на смятие  $[\sigma_{\text{см}}] = 3200$  кг/см<sup>2</sup> (320 МПа).

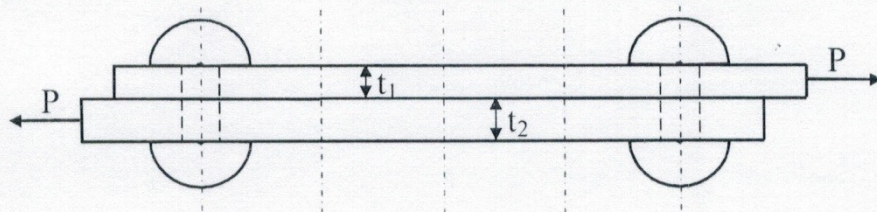


Рис. 7. Заклепочное соединение к примеру 1

## Решение

Необходимое количество заклепок для обеспечения прочности соединения на срез определяется из условия прочности на срез

$$n \geq \frac{P}{\frac{\pi d^2}{4} [\tau]} = \frac{200}{\frac{3,14 \cdot 0,02^2}{4} 140 \cdot 10^3} = 4,53 \approx 5 \text{ заклепок.}$$

Необходимое количество заклепок для обеспечения прочности соединения на смятие определяется из условия прочности на смятие более тонкого листа

$$n \geq \frac{P}{t_l d [\sigma_{см}]} = \frac{200}{0,008 \cdot 0,02 \cdot 320 \cdot 10^3} = 3,9 \approx 4 \text{ заклепки.}$$

Окончательно принимаем большее количество, т.е 5 заклепок.

## Пример 2

Два листа соединены встык с помощью одной накладки (см. рис. 8). Толщина листов  $t_l = 12$  мм (0,012 м). Толщина накладки  $t_n = 10$  мм (0,01 м). Определить необходимое количество заклепок диаметром 17 мм (0,017 м), если даны допускаемые напряжения: на срез  $[\tau] = 1400$  кг/см<sup>2</sup> (140 МПа), на смятие  $[\sigma_{см}] = 3200$  кг/см<sup>2</sup> (320 МПа). Силы  $P$  равны 24 т (240 кН).

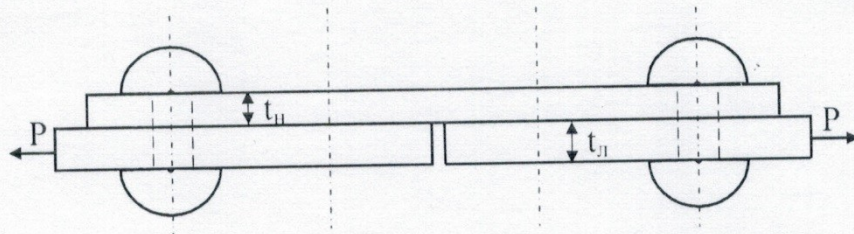


Рис. 8. Заклепочное соединение к примеру 2

## Решение

Необходимое количество заклепок по одну сторону от стыка для обеспечения прочности соединения на срез определяется из условия прочности на срез

$$n \geq \frac{P}{\frac{\pi d^2}{4} [\tau]} = \frac{240}{\frac{3,14 \cdot 0,017^2}{4} 140 \cdot 10^3} = 7,56 \approx 8 \text{ заклепок.}$$

Общее количество заклепок для всего стыкового соединения из расчета на срез равно  $2n$ , т.е.  $2 \times 8 = 16$  заклепок.

Необходимое количество заклепок по одну сторону от стыка для обеспечения прочности соединения на смятие определяется из условия прочности на смятие для более тонкого элемента соединения - накладки

$$n \geq \frac{P}{t_n d [\sigma_{см}]} = \frac{240}{0,01 \cdot 0,017 \cdot 320 \cdot 10^3} = 4,42 \approx 5 \text{ заклепок.}$$

Общее количество заклепок для всего соединения из расчета на смятие равно  $2n$ , т.е.  $2 \times 5 = 10$  заклепок.

Окончательно принимаем большее количество, т.е. 16 заклепок.

## Пример 3

Определить необходимое количество заклепок диаметром 17 мм (0,017 м) для соединения встык двух листов с помощью двух накладок (см. рис. 9). Силы  $P$  равны 40 т (400 кН). Толщина листов  $t_{л} = 10$  мм (0,01 м), толщина накладок  $t_n = 6$  мм (0,006 м). Допускаемые напряжения: на срез  $[\tau] = 1000 \text{ кг/см}^2$  (100 МПа), на смятие  $[\sigma_{см}] = 2400 \text{ кг/см}^2$  (240 МПа).

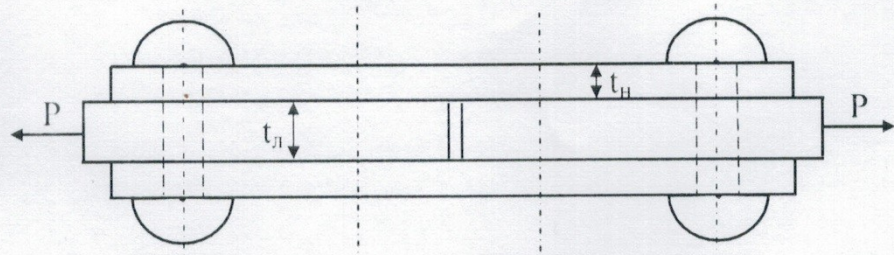


Рис. 9. Заклепочное соединение к примеру 3

## Решение

Для обеспечения прочности двухсрезного заклепочного соединения на срез необходимое количество заклепок по одну сторону от стыка определяется из условия прочности на срез

$$n \geq \frac{P}{k \frac{\pi d^2}{4} [\tau]} = \frac{400}{2 \frac{3,14 \cdot 0,017^2}{4} 100 \cdot 10^3} = 8,8 \approx 9 \text{ заклепок.}$$

Общее количество заклепок для всего стыкового соединения из расчета на срез равно  $2n$ , т.е.  $2 \times 9 = 18$  заклепок.

Для обеспечения прочности соединения на смятие необходимое количество заклепок по одну сторону от стыка определяется из условия прочности на смятие для листов, т.к. их толщина меньше суммарной толщины двух накладок

$$n \geq \frac{P}{t_l d [\sigma_{см}]} = \frac{400}{0,010 \cdot 0,017 \cdot 240 \cdot 10^3} = 9,8 \approx 10 \text{ заклепок.}$$

Общее количество заклепок для всего стыкового соединения из расчета на смятие равно  $2n$ , т.е.  $2 \times 10 = 20$  заклепок.

Окончательно принимаем большее количество, т.е. 20 заклепок.

## Пример 4

Два листа толщиной  $t_1 = 10$  мм (0,01 м) соединены с тремя листами толщиной  $t_2 = 8$  мм (0,008 м) с помощью заклепок диаметром 20 мм (0,02 м) (см. рис. 10). Нагрузка  $P$  равна 28 т (280 кН). Определить необходимое количество заклепок, если даны допускаемые напряжения: на срез  $[\tau] = 1000$  кг/см<sup>2</sup> (100 МПа), на смятие  $[\sigma_{см}] = 2800$  кг/см<sup>2</sup> (280 МПа).

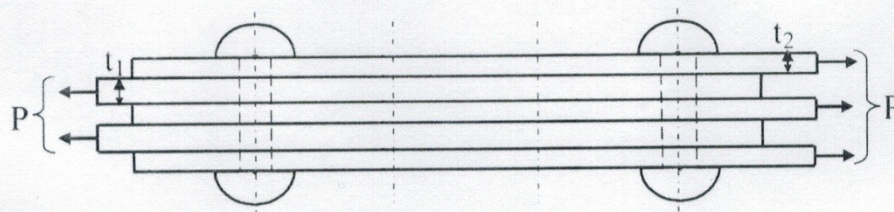


Рис. 10. Заклепочное соединение к примеру 4

## Решение

Для обеспечения прочности четырехсрезного заклепочного соединения на срез необходимое количество заклепок определяется из условия прочности на срез

$$n \geq \frac{P}{k \frac{\pi d^2}{4} [\tau]} = \frac{280}{4 \frac{3,14 \cdot 0,02^2}{4} 100 \cdot 10^3} = 8,9 \approx 9 \text{ заклепок.}$$

Для обеспечения прочности заклепочного соединения на смятие необходимое количество заклепок определяется из условия прочности на смятие двух листов с толщиной  $t_1 = 10$  мм (т.к.  $2t_1 < 3t_2$ )

$$n \geq \frac{P}{2t_1 d [\sigma_{см}]} = \frac{280}{2 \cdot 0,01 \cdot 0,02 \cdot 280 \cdot 10^3} = 2,5 \approx 3 \text{ заклепки.}$$

Окончательно принимаем большее количество, т.е. 9 заклепок.

#### 4. РАССЧИТАТЬ ЗАКЛЕПОЧНЫЕ ШВЫ ПО ВАРИАНТАМ.

##### Вариант 1.

1. Определить необходимое количество заклепок диаметром 30 мм (0,03 м) для соединения внахлест двух листов толщиной  $t_1 = 9$  мм (0,009 м) и  $t_2 = 11$  мм (0,011 м) (см. рисунок 7, пример 1). Силы  $P$  равны 30 т (300 кН). Допускаемые напряжения: на срез  $[\tau] = 1500 \text{ кг/см}^2$  (150 МПа), на смятие  $[\sigma_{см}] = 3300 \text{ кг/см}^2$  (330 МПа). Начертить схему заклепочного соединения.

2. Два листа толщиной  $t_1 = 10$  мм (0,01 м) соединены с тремя листами толщиной  $t_2 = 8$  мм (0,008 м) с помощью заклепок диаметром 20 мм (0,02 м) Нагрузка  $P$  равна 28 т (280 кН). Определить необходимое количество заклепок, если даны допускаемые напряжения: на срез  $[\tau] = 1000 \text{ кг/см}^2$  (100 МПа), на смятие  $[\sigma_{см}] = 2800 \text{ кг/см}^2$  (280 МПа).

##### Вариант 2.

1. Определить необходимое количество заклепок диаметром 18 мм (0,018 м) для соединения встык двух листов с помощью двух накладок (см. рисунок 9, пример 3). Силы  $P$  равны 50 т (500 кН). Толщина листов  $t_л = 20$  мм (0,02 м), толщина накладок  $t_{н} = 7$  мм (0,007 м). Допускаемые напряжения: на срез  $[\tau] = 2000 \text{ кг/см}^2$  (200 МПа), на смятие  $[\sigma_{см}] = 2500 \text{ кг/см}^2$  (250 МПа). Начертить схему заклепочного соединения.

2. Два листа толщиной  $t_1 = 20$  мм (0,02 м) соединены с тремя листами толщиной  $t_2 = 9$  мм (0,009 м) с помощью заклепок диаметром 30 мм (0,03 м) Нагрузка  $P$  равна 38 т (380 кН). Определить необходимое количество заклепок, если даны допускаемые напряжения: на срез  $[\tau] = 2000 \text{ кг/см}^2$  (200 МПа), на смятие  $[\sigma_{см}] = 3800 \text{ кг/см}^2$  (380 МПа).

#### 5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Для чего используются заклепочные соединения?
2. Что такое заклепочный шов?
3. Какие бывают виды заклепочных швов?
4. Какие бывают виды расчетов заклепочных швов?
5. Как записывается условие прочности заклепки на срез?
6. В чем отличие расчета на срез односрезных и многосрезных заклепочных соединений?
7. Как определяется диаметр заклепок в расчете на срез?
8. Как определяется количество заклепок в расчете на срез?
8. Как записывается условие прочности заклепки на смятие?
9. Что такое площадь смятия?
9. В чем особенность определения площади смятия?
10. Как определяется диаметр заклепок в расчете на смятие?
11. Как определяется количество заклепок в расчете на смятие?
12. Как определяется окончательное количество заклепок?