

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №15

Конструирование болтовых соединений металлических конструкций

Методические указания к выполнению задания.

Осуществить следующие этапы

1. Определить усилие, воспринимаемое одним болтом при срезе
2. Определить усилие, воспринимаемое одним болтом при смятии
3. Определить необходимое количество болтов в соединении
4. Установить болты на соединяемых элементах согласно требований СП 16.13330

Краткие теоретические сведения

Согласно действующим нормативным документам [СП 16.13330] существуют классы точности болтовых соединений А, В, С.

Болты, гайки класса точности А устанавливаются в отверстия, которые просверлены на проектный диаметр в собранных элементах и их диаметр больше диаметра стержня болта на 0,25 - 0,30 мм.

Болты, гайки класса точности В устанавливаются в отверстия, диаметр которых на 1 - 1,5 мм больше диаметра стержня болта.

Болты, гайки класса точности С ставят в отверстия, диаметр которых на 2...3 мм больше диаметра стержня болта.

После закручивания всех болтов соединение начинает воспринимать нагрузку. Под действием силы N происходит сдвиг соединяемых элементов на величину зазора. При этом стержень болта и края отверстия в соединяемых элементах, с одной стороны, сближаются, а с противоположной расходятся, образуя зазор (рис.1а). Стержень болта начинает работать на срез, а края отверстий соединяемых элементов – на смятие. На рис.1б показаны возможные поверхности среза болта и поверхности смятия соединяемых элементов.

Далее при увеличении нагрузки происходит разрушение соединения либо от среза болта, либо от смятия одного из соединяемых элементов.

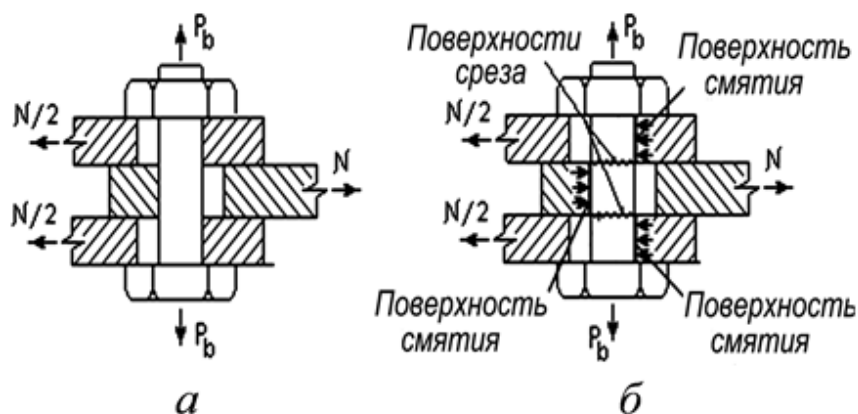


Рис.1. Этапы работы соединения на обычных болтах: а – работа болта на сдвиг; б – поверхности возможных разрушений.

Расчёт болтов выполняют согласно п. 14.2.9 [СП 16.13330], исходя из возможного вида разрушения соединения (Рис.1):

- по срезу болта (при толстых и прочных соединяемых элементах);
- по смятию поверхности отверстия (при тонких листах).

Расчетное усилие, которое может быть воспринято одним болтом, в зависимости от вида напряженного состояния следует определять по формулам:

- при срезе

$$N_{bs} = R_{bs} A_b n_s \gamma_b \gamma_c, \quad (1)$$

- при смятии

$$N_{bp} = R_{bp} d_b \sum t \cdot \gamma_b \gamma_c, \quad (2)$$

где R_{bs} – расчетное сопротивление болтов срезу по табл. Г.6 [СП 16.13330]; A_b – площадь сечения стержня болта брутто по ненарезной части (гладкой) по табл. Г.9 [СП 16.13330]; n_s – число расчетных срезов одного болта; γ_c – коэффициент условий работы (применяется $\gamma_c = 1$); γ_b – коэффициент условий работы болтового соединения, определяемый по таблице 40 [СП 16.13330] и принимаемый не более 1,0; R_{bp} – расчётное сопротивление смятию элементов соединяемых болтами по табл. Г.6 [СП 16.13330]; d_b – наружный диаметр стержня болта; $\sum t$ – наименьшая суммарная толщина соединяемых элементов, сминаемых в одном направлении.

Определение количества болтов в соединении. Число болтов в соединении определяют по формуле:

$$n = \frac{N}{N_{b,\min} \cdot \gamma_c}, \quad (3)$$

где $N_{b,\min}$ - наименьшее из усилий N_{bs} или N_{bp} .

Пример 1. Выполнить расчет и конструирование соединения на болтах. Пластины выполнены из стали С255, $R_{un}=370\text{МПа}$ (табл. В.5 [СП 16.13330]), соединяемые болтами диаметром М20, $A_b=3,14\text{см}^2$ (табл. Г.9 [СП 16.13330]), класса прочности 5.6, $R_{bs} = 210\text{МПа}$ (табл. Г.5 [СП 16.13330]). Соединение исполнено классом точности В (нормальной точности), $R_{bp} = 485\text{МПа}$. Геометрические размеры пластин: $b=400\text{мм}$, $t=20\text{мм}$. Действующее усилие $N = 700\text{кН}$.

Решение:

1. Определим усилие, воспринимаемое одним болтом при срезе:

$$N_{bs} = R_{bs} A_b n_s \gamma_b \gamma_c = 21 \cdot 3,14 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 65,94 \text{кН}.$$

2. Определим усилие, воспринимаемое одним болтом при смятии:

$$N_{bp} = R_{bp} d_b \sum t \cdot \gamma_b \gamma_c = 48,5 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 1 = 194 \text{кН}.$$

Наименьшая несущая способность болта получается по срезу.

3. Определяем количество болтов в стыке по наименьшей несущей способности болта по срезу:

$$n = \frac{N}{N_{b,\min} \cdot \gamma_c} = \frac{700}{65,94 \cdot 1} = 10,6,$$

принимаем 12 болтов.

4. Размещаем болты на соединяемых элементах (рис.2) в соответствии с допускаемыми расстояниями между болтами (таблица 40 [СП 16.13330]).



Выполнить расчет и конструирование соединения на болтах. Исходные данные принять по табл. 1.

Таблица.1

Исходные данные для расчета болтовых соединений

Номер вариан та	Осевая сила N , кН	Ширина пластин b , мм	Толщина пластин t , мм	Диаметр болта, мм	Класс точн. соедин.	Сталь	Класс прочности болтов
1	650	280	6	16	A	C235	5,6
2	400	170	8	18	B	C245	5,8
3	700	150	10	20	A	C255	8,8
4	560	230	12	22	B	C345	10,9
5	660	150	14	24	A	C235	12,9
6	630	260	16	27	B	C245	5,6
7	680	240	18	30	A	C255	5,8
8	690	150	20	36	B	C345	8,8
9	570	240	6	16	A	C235	10,9
10	520	140	8	18	B	C245	12,9
11	660	300	10	20	A	C255	5,6
12	490	300	12	22	B	C345	5,8

Номер вариан та	Осевая сила N , кН	Ширина пластин b , мм	Толщина пластин t , мм	Диаметр болта, мм	Класс точн. соедин.	Сталь	Класс прочности болтов
13	580	300	14	24	A	C235	8,8
14	410	230	16	27	B	C245	10,9
15	560	300	18	30	A	C255	12,9
16	650	100	20	36	B	C345	5,6
17	580	110	6	16	A	C235	5,8
18	650	260	8	18	B	C245	8,8
19	460	260	10	20	A	C255	10,9
20	560	220	12	22	B	C345	12,9
21	630	270	14	24	A	C235	5,6
22	570	240	16	27	B	C245	5,8
23	650	280	18	30	A	C255	8,8
24	610	280	20	36	B	C345	10,9
25	440	120	6	16	A	C235	12,9
26	660	100	8	18	B	C245	5,6
27	630	240	10	20	A	C255	5,8
28	430	260	12	22	B	C345	8,8
29	410	240	14	24	A	C235	10,9
30	570	130	16	27	B	C245	12,9