

Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ»
ИНЖЕНЕРНАЯ АКАДЕМИЯ
Департамент строительства

КУРСОВАЯ РАБОТА

по дисциплине

Спецкурс «Металлические конструкции»

Направление 08.03.01 «Строительство»

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАЛЬНОГО КАРКАСА РАБОЧЕЙ ПЛОЩАДКИ

Выполнил:

Группа:

Студенческий билет №:

Руководитель:

Москва 2022 г.

Оглавление

Исходные данные -----	
Расчет листового настила -----	
Расчет балок настила и вспомогательных балок -----	
Расчет главной балки -----	
Расчет центрально-сжатой колонны -----	
Список литературы -----	

Исходные данные

1. Расчет конструкции балочной клетки.

1.1. Расчет листового настила.

Временная нагрузка, действующая на настил, принята равномерно распределенной. Величина нормативной полезной нагрузки $q = \text{кН/м}^2$. Опирается на балки настила. Стальной настил приварен по двум сторонам к балкам настила. Приварка настила к балкам делает невозможным сближение опор настила при работе его под нагрузкой и вызывает в нем растягивающие усилия N .

При расчете листового настила из пластины условно вырезается полоса шириной 1 м и длиной, равной пролету настила. Предполагают, что вырезанная полоса закреплена по концам неподвижными шарнирами и изгибается по цилиндрической поверхности. Вырезанную полосу рассчитывают как балку, закрепленную шарнирно неподвижно на двух опорах и загруженную равномерно распределенной нагрузкой q .

1.2. Метод подбора листового настила через шаг балок настила.

Требуется выполнить расчет стального настила балочной клетки нормального типа с полезной нагрузкой на настил $q = \text{кН/м}^2$. Размеры ячейки балочной клетки $L \times l = \text{м}$. Материал настила – сталь С по СП 16.13330.2017 с расчетным сопротивлением стали $R_y = \text{кН/см}^2$ – для листового проката из стали толщиной $t \leq \text{мм}$. Крепление настила к балкам настила выполняем ручной сваркой.

Стальной настил рассчитывается на прочность и жесткость. Из расчета на жесткость определяем отношение пролета настила l_n и его толщины t_n .

Назначив пролет настила l_n , находим толщину настила t_n . Жесткость настила определяем по формуле :

$$\frac{l_n}{t_n} = \frac{4 * n_0}{15} * \left(1 + \frac{72 E_1}{n_0^4 * q} \right)$$

где $n_0 = \frac{l_n}{f} = [150 \dots 100]$ – отношение пролета настила к предельному прогибу;

$$E_1 = \frac{E}{1 - \mu^2} = 2,26 * 10^4 \left(\frac{\text{кН}}{\text{см}^2} \right) (\mu - \text{коэффициент Пуассона}),$$

Следовательно,

$$\frac{l_H}{t_H} = \frac{4 * 100}{15} * \left(1 + \frac{72 * 2,26 * 10^4 * 10^4}{10^8 * 20} \right) = 243,63$$

$R_y = (\text{кН/см}^2)$ (Таблица В3 СП 16.13330.2017)

$$R_s = 0,58 R_y = 0,58 * 24 = 13,92 (\text{кН/см}^2)$$

$l = 7$ (м) (по исходным данным шага колонн)

1 Вариант конструирования балочной клетки (нормального типа).

$t = 10$ (мм) (так как при нагрузке 20-30 кН/м² толщина настила 10-12 мм)

$$l_{\max} = 1,0 * 243,63 = 243,63 (\text{см}) = 2,4363 (\text{м})$$

Следовательно принимаем шаг балок настила = 1,5м

$$a_{бн} = 1,5 (\text{м})$$

Вес 1 м³ проката стали = 78,50 кг

Определяем собственный вес 1 м² настила:

$$g = 1,0 * 0,785 = 0,785 (\text{кН/м}^2)$$

Определяем собственный вес балок настила, с учетом того, что на них приходится 1-2 % полезной нагрузки:

$$g_{б.н.} = 0,015 * 20 * 1,5 = 0,45 (\text{кН/м}^2)$$

Далее определяем нормативную и расчетные нагрузки на 1 м балки настила:

$$P_H = (g_H + g) * a_{бн} + g_{б.н.} = (20 + 0,785) * 1,5 + 0,45 = 31,63 (\text{кН/м})$$

$$P_P = (\gamma_{f1} * g_H + \gamma_{f2} * g) * a_{бн} + \gamma_{f2} * g_{б.н.} = (1,2 * 20 + 1,05 * 0,785) * 1,5 + 1,05 * 0,45 = 37,71 (\text{кН/м})$$

Затем определяем максимальный изгибающий момент:

$$M_{\max} = \frac{P_P * l^2}{8} = \frac{37,71 * 7^2}{8} = 230,974 (\text{кН * м})$$

Максимальное значение поперечной силы:

$$Q_{\max} = \frac{P_P * l}{2} = \frac{37,71 * 7}{2} = 131,985 (\text{кН})$$

Минимальный момент сопротивления сечения балки настила $W_{\min}$, см³ по формуле:

$$W_{\min} = \frac{M_{\max 1}}{C_1 * R_y * \gamma_c} = \frac{23097,4}{1,1 * 24 * 1} = 874,901 \text{ (см}^3\text{)}$$

Подбираем по сортаменту по ГОСТу 57837-2017 двутавр 35БЗ со следующими характеристиками:

$$h = 355 \text{ мм}, b = 176 \text{ мм}, t_{\text{п}} = 13,5 \text{ мм}, I_x = 16797,02 \text{ см}^4, W_x = 946,3 \text{ см}^3, S_x = 533,54 \text{ см}^3, \\ t_{\text{ст}} = 8,5 \text{ мм}$$

Выполним проверку несущей способности по нормальным напряжениям:

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{C_1 W_x} \leq R_y * \gamma_c,$$

$$\frac{23097,4}{1,1 * 946,3} \leq 24 * 1$$

$$22,19 \text{ (кН/см}^2\text{)} \leq 24 \text{ (кН/см}^2\text{)}$$

Неравенство выполняется, следовательно несущая способность сечения балки настила по нормальным напряжениям обеспечена.

Теперь выполним проверку несущей способности по касательным напряжениям:

$$\tau = \frac{Q_{\max} * S_{\text{полусечения}}}{I_x * t_{\text{ст}}} \leq R_s * \gamma_c$$

$$\frac{131,985 * 533,54}{16797,02 * 0,85} \leq 13,92 * 1$$

$$4,93 \text{ (кН/см}^2\text{)} \leq 13,92 \text{ (кН/см}^2\text{)}$$

Неравенство выполняется, следовательно несущая способность сечения балки настила по касательным напряжениям обеспечена.

Посчитаем прогиб :

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{P_H * l^4}{EI}$$

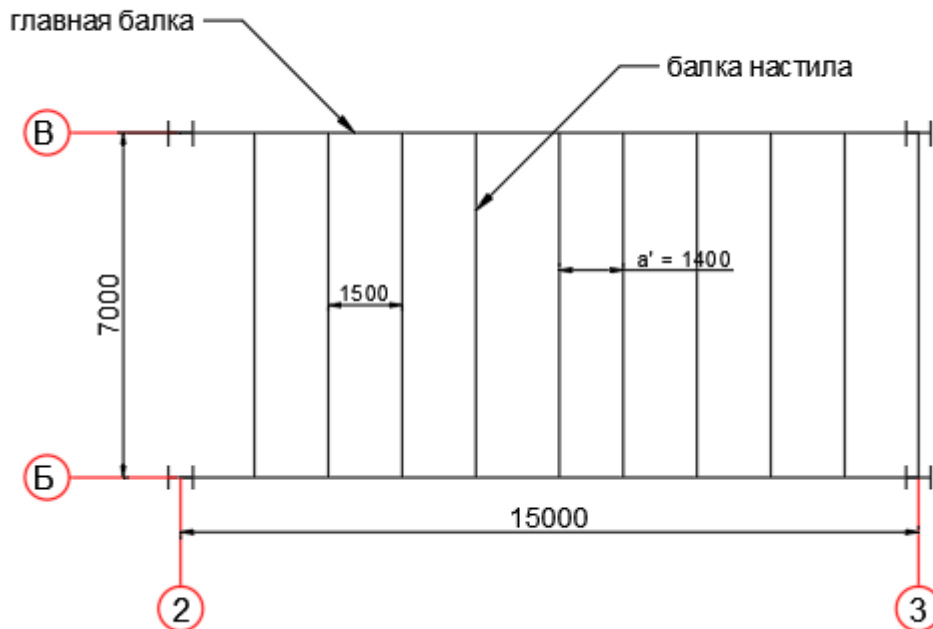
$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{31,63 * 10^{-2} * 700^4}{2,06 * 10^4 * 16797,02} = 2,86 \text{ (см)}$$

Выполним проверку относительного прогиба (СП 20.13330.2016)

$$\left[\frac{f}{l} \right] < \frac{1}{200}$$

$$\left[\frac{286}{700} \right] = 0,0041 < 0,005$$

Проверка выполняется



Теперь определим вес настила и балок настила:

$$g = 1,0 \cdot 78,5 = 78,5 \text{ (кг/м}^2\text{)}$$

$$g_{б.н.} / a_{бн} = 60,5 / 1,5 = 40,3 \text{ (кг/м}^2\text{)}$$

2 Вариант конструирования балочной клетки (нормального типа).

$t = 12$ (мм) (так как при нагрузке 20-30 кН/м² толщина настила 10-12 мм)

$$l_{\max} = 1,2 \cdot 243,63 = 292,356 \text{ (см)} = 2,92 \text{ (м)}$$

Следовательно принимаем шаг балок настила = 2,5 м

$$a_{бн} = 2,5 \text{ (м)}$$

Вес 1 м³ проката стали = 78,5 кг

Определяем собственный вес 1 м² настила:

$$g = 1,2 \cdot 0,785 = 0,942 \text{ (кН/м}^2\text{)}$$

Определяем собственный вес балок настила, с учетом того, что на них приходится 1-2

% полезной нагрузки:

$$g_{б.н.} = 0,015 * 20 * 2,5 = 0,75 \text{ (кН/м}^2\text{)}$$

Далее определяем нормативную и расчетные нагрузки на 1 м балки настила:

$$P_H = (g_H + g) * a_{бн} + g_{б.н.} = (20 + 0,942) * 2,5 + 0,75 = 53,11 \text{ (кН/м)}$$

$$P_P = (\gamma_{f1} * g_H + \gamma_{f2} * g) * a_{бн} + \gamma_{f2} * g_{б.н.} = (1,2 * 20 + 1,05 * 0,942) * 2,5 + 1,05 * 0,75 = 63,26 \text{ (кН/м)}$$

Затем определяем максимальный изгибающий момент:

$$M_{\max} = \frac{P_P * l^2}{8} = \frac{63\,26 * 7^2}{8} = 387\,467 \text{ (кН * м)}$$

Максимальное значение поперечной силы:

$$Q_{\max} = \frac{P_P * l}{2} = \frac{63\,26 * 7}{2} = 221\,41 \text{ (кН)}$$

Минимальный момент сопротивления сечения балки настила $W_{\min}$, см³ по формуле:

$$W_{\min} = \frac{M_{\max 1}}{C_1 * R_y * \gamma_c} = \frac{387467}{11 * 24 * 1} = 1467,68 \text{ (см}^3\text{)}$$

Подбираем по сортаменту по ГОСТу 57837-2017 двутавр 40Б4 со следующими характеристиками:

$$h = 412 \text{ мм}, b = 202 \text{ мм}, t_{пл} = 19 \text{ мм}, I_x = 35196,83 \text{ см}^4, W_x = 1708,6 \text{ см}^3, S_x = 966,65 \text{ см}^3,$$

$$t_{ст} = 11 \text{ мм}$$

Выполним проверку несущей способности по нормальным напряжениям:

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{C_1 W_x} \leq R_y * \gamma_c,$$

$$\frac{387467}{11 * 1708,6} \leq 24 * 1$$

$$20,6 \text{ (кН/см}^2\text{)} \leq 24 \text{ (кН/см}^2\text{)}$$

Неравенство выполняется, следовательно несущая способность сечения балки настила по нормальным напряжениям обеспечена.

Теперь выполним проверку несущей способности по касательным напряжениям:

$$\tau = \frac{Q_{\max} * S_{\text{полусечения}}}{I_x * t_{ст}} \leq R_s * \gamma_c$$

$$\frac{221\,41 \cdot 966\,65}{35196\,83 \cdot 1\,1} \leq 13\,92 \cdot 1$$

$$5,53 \text{ (кН/см}^2\text{)} \leq 13,92 \text{ (кН/см}^2\text{)}$$

Неравенство выполняется, следовательно несущая способность сечения балки настила по касательным напряжениям обеспечена.

Посчитаем прогиб :

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{P_H \cdot l^4}{EI}$$

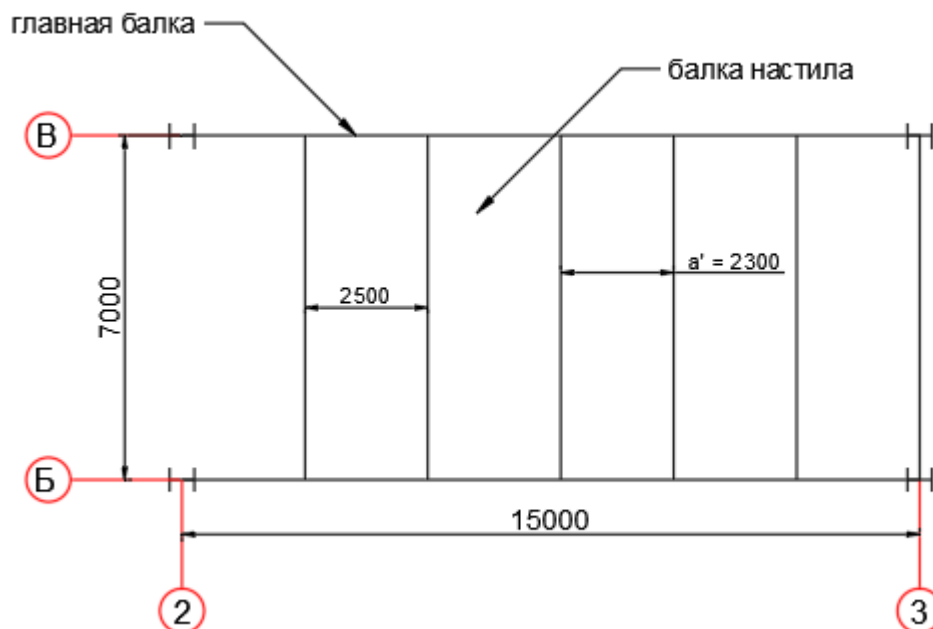
$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{53\,11 \cdot 10^{-2} \cdot 700^4}{2\,06 \cdot 10^4 \cdot 35196\,83} = 2\,29 \text{ (см)}$$

Выполним проверку относительного прогиба (СП 20.13330.2016)

$$\left[\frac{f}{l} \right] < \frac{1}{200}$$

$$\left[\frac{2\,29}{700} \right] = 0\,00327 < 0\,005$$

Проверка выполняется



Теперь определим вес настила и балок настила:

$$g = 1,2 \cdot 78,5 = 94,2 \text{ (кг/м}^2\text{)}$$

$$g_{б.н.}/a_{бн} = 94,3/2,5 = 37,72 \text{ (кг/м}^2\text{)}$$

3 Вариант конструирования балочной клетки (усложнённого типа).

$t = 12$ (мм) (так как при нагрузке 20-30 кН/м² толщина настила 10-12 мм)

$$l_{\max} = 1,2 * 243,63 = 292,356 \text{ (см)} = 2,92 \text{ (м)}$$

Следовательно, принимаем шаг балок настила = 1,4 м

$$a_{бн} = 1,4 \text{ (м)}$$

Вес 1 м³ проката стали = 78,5 кг

Определяем собственный вес 1 м² настила:

$$g = 1,2 * 0,785 = 0,942 \text{ (кН/м}^2\text{)}$$

Определяем собственный вес балок настила, с учетом того, что на них приходится 1-2 % полезной нагрузки:

$$g_{б.н.} = 0,015 * 20 * 1,4 = 0,42 \text{ (кН/м}^2\text{)}$$

Далее определяем нормативную и расчетные нагрузки на 1 м балки настила:

$$P_H = (g_H + g) * a_{бн} + g_{б.н.} = (20 + 0,942) * 1,4 + 0,42 = 29,74 \text{ (кН/м)}$$

$$P_P = (\gamma_{f1} * g_H + \gamma_{f2} * g) * a_{бн} + \gamma_{f2} * g_{б.н.} = (1,2 * 20 + 1,05 * 0,942) * 1,4 + 1,05 * 0,42 = 35,426 \text{ (кН/м)}$$

Затем определяем максимальный изгибающий момент:

$$M_{\max} = \frac{P_P * l^2}{8} = \frac{35\,426 * 7^2}{8} = 216\,984 \text{ (кН * м)}$$

Максимальное значение поперечной силы:

$$Q_{\max} = \frac{P_P * l}{2} = \frac{35\,426 * 7}{2} = 123\,991 \text{ (кН)}$$

Минимальный момент сопротивления сечения балки настила $W_{\min}$, см³ по формуле:

$$W_{\min} = \frac{M_{\max1}}{C_1 * R_y * \gamma_c} = \frac{216984}{1 * 1 * 24 * 1} = 9041 \text{ (см}^3\text{)}$$

Подбираем по сортаменту по ГОСТу 57837-2017 двутавр 35Б3 со следующими характеристиками:

$$h = 355 \text{ мм}, b = 176 \text{ мм}, t_n = 13,5 \text{ мм}, I_x = 16797,02 \text{ см}^4, W_x = 946,3 \text{ см}^3, S_x = 533,54 \text{ см}^3,$$

$$t_{сг} = 8,5 \text{ мм}$$

Выполним проверку несущей способности по нормальным напряжениям:

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{c_1 W_x} \leq R_y * \gamma_c,$$

$$\frac{21698,4}{11 * 9463} \leq 24 * 1$$

$$20,85 \text{ (кН/см}^2\text{)} \leq 24 \text{ (кН/см}^2\text{)}$$

Неравенство выполняется, следовательно несущая способность сечения балки настила по нормальным напряжениям обеспечена.

Теперь выполним проверку несущей способности по касательным напряжениям:

$$\tau = \frac{Q_{\max} * S_{\text{полусечения}}}{I_x * t_{\text{ст}}} \leq R_s * \gamma_c$$

$$\frac{123991 * 53354}{1679702 * 085} \leq 1392 * 1$$

$$4,63 \text{ (кН/см}^2\text{)} \leq 13,92 \text{ (кН/см}^2\text{)}$$

Неравенство выполняется, следовательно несущая способность сечения балки настила по касательным напряжениям обеспечена.

Посчитаем прогиб :

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{P_H * l^4}{EI}$$

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{2974 * 10^{-2} * 300^4}{206 * 10^4 * 1679702} = 0,091 \text{ (см)}$$

Выполним проверку относительного прогиба (СП 20.13330.2016)

$$\left[\frac{f}{l} \right] < \frac{1}{200}$$

$$\left[\frac{0,091}{300} \right] = 0,0003 < 0,005$$

Проверка выполняется

Теперь выполним расчет массы стали вспомогательных балок:

$t = 12 \text{ (мм)}$ (так как при нагрузке 20-30 кН/м² толщина настила 10-12 мм)

Принимаем шаг вспомогательных балок = 3 м

$$a_{вб} = 3 \text{ (м)}$$

$$\text{Вес } 1 \text{ м}^3 \text{ проката стали} = 78,5 \text{ кг}$$

Определяем собственный вес 1 м^2 настила:

$$g = 1,2 * 0,785 = 0,942 \text{ (кН/м}^2\text{)}$$

Определяем собственный вес вспомогательных балок, с учетом того, что на них приходится 1-2 % полезной нагрузки:

$$g_{в.б.} = 0,015 * 20 * 3,0 = 0,9 \text{ (кН/м}^2\text{)}$$

Далее определяем нормативную и расчетные нагрузки на 1 м вспомогательной балки:

$$P_H = (g_H + (g_{б.н} / a_{бн}) + g) * a_{вб} + g_{в.б.} = (20 + 0,3 + 0,942) * 3,0 + 1,5 = 65,226 \text{ (кН/м)}$$

$$P_P = (\gamma_{f1} * g_H + \gamma_{f2} * (g_{б.н} / a_{бн}) + \gamma_{f2} * g) * a_{вб} + \gamma_{f2} * g_{вб} = (1,2 * 20 + 1,05 * 0,3 + 1,05 * 0,942) * 3,0 + 1,05 * 1,5 = 77,487 \text{ (кН/м)}$$

Затем определяем максимальный изгибающий момент:

$$M_{\max} = \frac{P_P * l^2}{8} = \frac{77\,487 * 7^2}{8} = 474\,608 \text{ (кН * м)}$$

Максимальное значение поперечной силы:

$$Q_{\max} = \frac{P_P * l}{2} = \frac{77\,487 * 7}{2} = 271\,2 \text{ (кН)}$$

Минимальный момент сопротивления сечения балки настила $W_{\min}$, см^3 по формуле:

$$W_{\min} = \frac{M_{\max 1}}{C_1 * R_y * \gamma_c} = \frac{474608}{1 * 1 * 24 * 1} = 179776 \text{ (см}^3\text{)}$$

Подбираем по сортаменту по ГОСТу 57837-2017 двутавр 45Б4 со следующими характеристиками:

$$h = 462 \text{ мм}, b = 202 \text{ мм}, t_n = 20 \text{ мм}, I_x = 48197,42 \text{ см}^4, W_x = 2086,5 \text{ см}^3, S_x = 1188,75 \text{ см}^3,$$

$$t_{ст} = 12 \text{ мм}$$

Выполним проверку несущей способности по нормальным напряжениям:

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{C_1 W_x} \leq R_y * \gamma_c,$$

$$\frac{474608}{11 \cdot 20865} \leq 24 \cdot 1$$

$$20,68 \text{ (кН/см}^2\text{)} \leq 24 \text{ (кН/см}^2\text{)}$$

Неравенство выполняется, следовательно несущая способность сечения балки настила по нормальным напряжениям обеспечена.

Теперь выполним проверку несущей способности по касательным напряжениям:

$$\tau = \frac{Q_{\max} \cdot S_{\text{полусечения}}}{I_x \cdot t_{\text{ст}}} \leq R_s \cdot \gamma_c$$

$$\frac{2712 \cdot 118875}{4819742 \cdot 12} \leq 1392 \cdot 1$$

$$5,57 \text{ (кН/см}^2\text{)} \leq 13,92 \text{ (кН/см}^2\text{)}$$

Неравенство выполняется, следовательно несущая способность сечения балки настила по касательным напряжениям обеспечена.

Посчитаем прогиб :

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{P_H \cdot l^4}{EI}$$

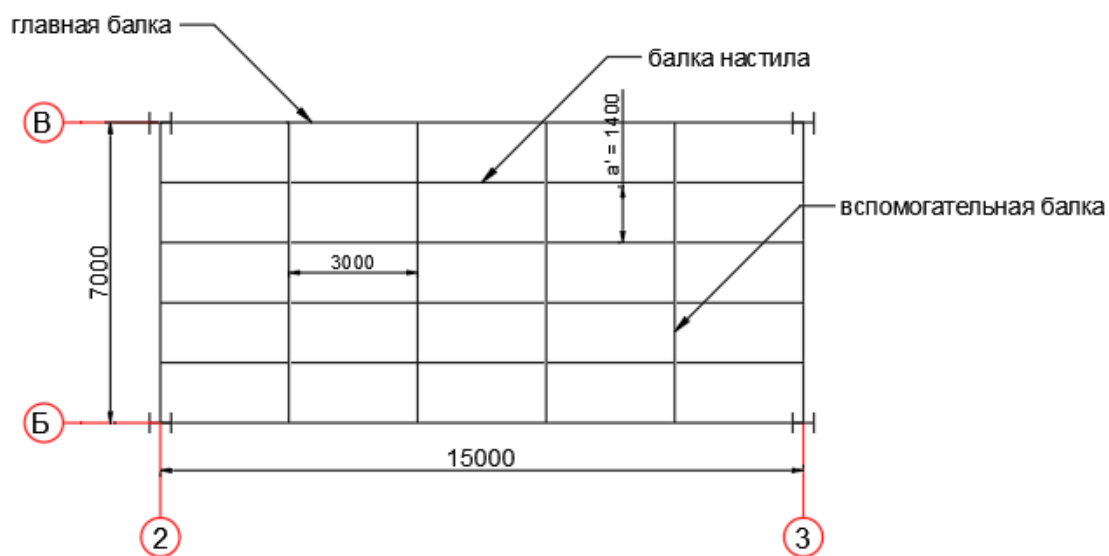
$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{65226 \cdot 10^{-2} \cdot 700^4}{206 \cdot 10^4 \cdot 4819742} = 2054 \text{ (см)}$$

Выполним проверку относительного прогиба (СП 20.13330.2016)

$$\left[\frac{f}{l} \right] < \frac{1}{200}$$

$$\left[\frac{2054}{700} \right] = 001027 < 0005$$

Проверка выполняется



Теперь определим вес настила, балок настила и вспомогательных балок:

$$g = 1,2 \cdot 78,5 = 94,2 \text{ (кг/м}^2\text{)}$$

$$g_{б.н.} / a_{бн} = 60,5 / 1,4 = 43,21 \text{ (кг/м}^2\text{)}$$

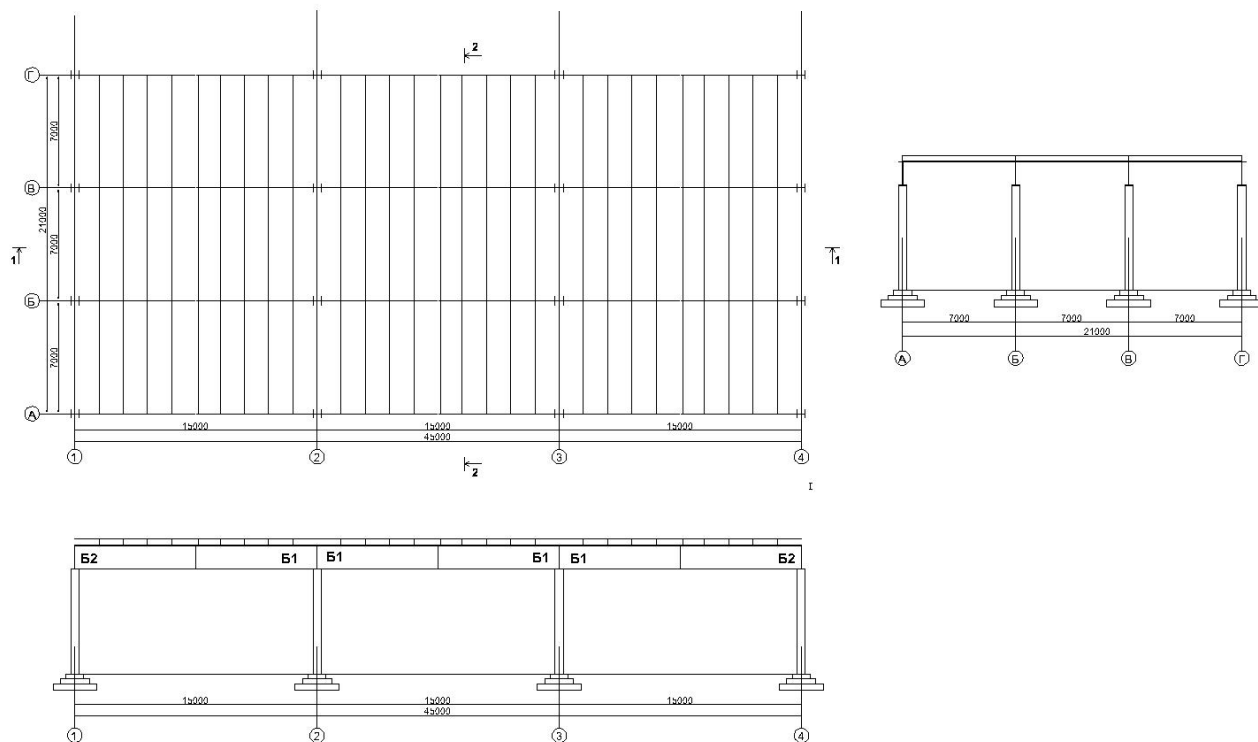
$$g_{вб.} / a_{вб} = 105,4 / 3 = 35,13 \text{ (кг/м}^2\text{)}$$

Выбор схемы балочной клетки.

Таблица 1 – Выбор схемы балочной клетки

Тип балочной клетки	Расход стали, кг/м ²			
	листового настила, кг/м ²	балки настила, кг/м ²	Вспомогательные балки, кг/м ²	общий расход, кг/м ²
I нормальный, t=10 мм	78,5	40 3	0	118,8
II нормальный, t=14 мм	94,2	37,72	0	131,92
III усложнённый, t=12 мм	94,2	43,21	35 13	172,54

Принимаем I нормальный тип балочной клетки по наименьшему расходу стали.



1.3. Расчет главной балки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. СП 16.13330.2011. Свод правил. Стальные конструкции.
Актуализированная редакция СНиП II-23-81* .Утв. Приказом Минрегиона РФ от 27.12.2010 №791.
2. СП 53-102-2004. Свод правил по проектированию и строительству.
Общие правила проектирования стальных конструкций. Одобрено Письмом Госстроя РФ от 20.04.2004 №ЛБ-2596/9.
3. СП 20.13330.2011. Свод правил. Нагрузки и воздействия.
Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. Утв. Приказом Минрегиона РФ от 27.12.2010 №787.
4. ГОСТ 27772-88. Прокат для строительных конструкций . Общие технические условия. Утв. и введен в действие Постановлением Госстандарта СССР от 30.06.1988 №2564.
5. ГОСТ 8239-89 Двутавры стальные горячекатанные . Сортамент.
Утв. Постановлением Госстандарта СССР от 27.09.1989 №2940.
6. ГОСТ 82-70* Прокат листовой горячекатанный . Сортамент. Утв.
Постановлением Госстандарта СССР от 27.06.1974 №1573.
7. ГОСТ 26020-83 Двутавры стальные горячекатанные с
параллельными гранями полок. Сортамент. Введен Постановлением Госстроя СССР от 17.12.1983 №6095.
8. ГОСТ 7798-70. Болты с шестигранной головкой класса точности В.
Утв. Постановлением Госстандарта СССР от 04.03.1970 №270.