

# ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. КОМПОНОВКА БАЛОЧНОЙ КЛЕТКИ .....	6
1.1. Сопряжение балок .....	6
1.2. Выбор типа балочной клетки .....	7
1.3. Компоновка вариантов балочных клеток.....	8
1.4. Определение нагрузок .....	9
2. РАСЧЁТ БАЛОЧНОЙ КЛЕТКИ НОРМАЛЬНОГО ТИПА (I вариант) .....	10
2.1. Расчёт настила.....	10
2.2. Расчёт балки настила .....	11
2.2.1. Подбор сечения .....	11
2.2.2. Проверка подобранного сечения.....	12
2.2.3. Определение расхода стали на 1 м <sup>2</sup> площади перекрытия.....	13
3. РАСЧЁТ БАЛОЧНОЙ КЛЕТКИ УСЛОЖНЁННОГО ТИПА (II вариант).....	14
3.1. Расчёт настила.....	14
3.2. Расчёт балки настила .....	14
3.2.1. Подбор сечения .....	14
3.2.2. Проверка подобранного сечения.....	14
3.3. Расчёт вспомогательной балки.....	16
3.3.1. Подбор сечения .....	16
3.3.2. Проверка подобранного сечения.....	16
3.3.3. Определение расхода стали на 1 м <sup>2</sup> площади перекрытия.....	17
3.4. Сопоставление вариантов балочной клетки.....	17
4. РАСЧЁТ ГЛАВНОЙ БАЛКИ .....	18
4.1. Определение нагрузок и статический расчёт.....	19
4.2. Подбор сечения главной балки .....	19
4.3. Проверка прочности подобранного сечения балки .....	21
4.4. Изменение сечения балки .....	22
4.5. Проверка прочности сечения балки на действие приведённых напряжений.....	24
4.6. Проверка общей устойчивости балки .....	25
4.7. Проверка обеспечения местной устойчивости сжатого пояса и стенки балки .....	26
4.8. Расчёт соединения поясов со стенкой балки.....	28
4.9. Конструирование и расчёт опирания балки .....	29
4.10. Конструкция монтажного стыка балки .....	31
5. РАСЧЁТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ЦЕНТРАЛЬНО-СЖАТОЙ КОЛОННЫ.....	33
5.1. Выбор типа колонны и сечения стержня.....	33
5.2. Определение нагрузок, действующих на колонну .....	33
5.3. Расчёт и конструирование сплошной колонны .....	34
5.3.1. Подбор сечения стержня колонны .....	34
5.3.2. Проверка подобранного сечения колонны .....	35
5.3.3. Проверка и обеспечение местной устойчивости поясов и стенки сплошной колонны .....	36
6. РАСЧЁТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ БАЗЫ (БАШМАКА) КОЛОННЫ.....	38
6.1. Расчёт опорной плиты базы .....	38
6.2. Расчёт траверс .....	42
6.3. Расчёт рёбер .....	43
7. СОПРЯЖЕНИЯ БАЛОК С КОЛОННАМИ .....	44
7.1. Гибкое сопряжение балок с колоннами .....	46
7.2. Опирание балок на колонну сверху .....	46
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	47

## ВВЕДЕНИЕ

Рабочие площадки промышленных зданий состоят из элементов балочной клетки (настила, главных и вспомогательных балок), колонн и связей. Назначение связей — создание горизонтальной жёсткости рабочей площадки, необходимой для обеспечения нормальных условий эксплуатации и продолжительности срока службы сооружений. Связи воспринимают горизонтальные усилия, возникающие при торможении завалочных машин и транспортного оборудования, и передают их на базы колонн (рис. 1).

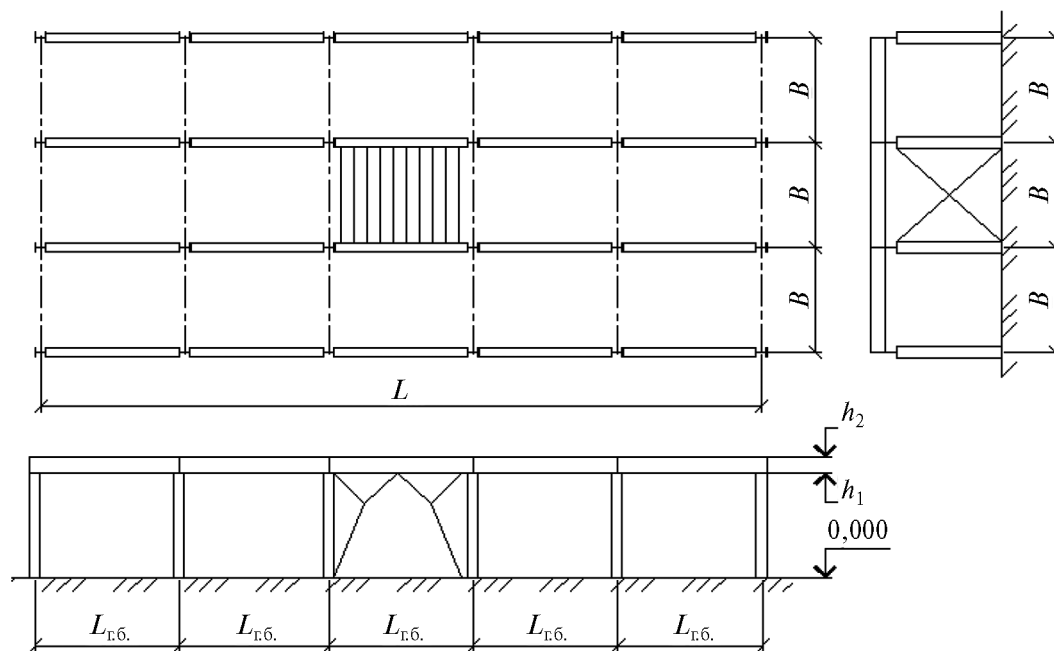


Рис. 1. Схема рабочей площадки

Проектирование балочной клетки и колонн рабочей площадки начинается с составления схем расположения балок в ячейке.

Рассмотренные в пособии варианты не должны расцениваться как обязательные при принятии какого-либо решения. Выбор наилучшего варианта балочной клетки производится при проектировании, которое представляет собой творческий, созидательный процесс, допускающий многообразие инженерных решений. Задача проектировщика заключается в выборе наилучшего варианта не только по весу, но и с учётом трудоёмкости изготовления и монтажа конструкций.

# 1. КОМПОНОВКА БАЛОЧНОЙ КЛЕТКИ

При заданном шаге колонны в продольном и поперечном направлениях, которые обычно определяются условиями эксплуатации сооружения, проектирование рабочей площадки сводится к выбору типа балочной клетки.

Выбор типа балочной клетки производится путем технико-экономического сравнения вариантов. При этом нужно исходить из простейших схем расположения балок; если они оказываются нецелесообразными или невыгодными, следует переходить к более сложным.

После выбора окончательного варианта переходят к расчёту и конструированию сечений настила, балок, колонн и сопряжений отдельных элементов балочной клетки.

## 1.1. Сопряжение балок

В балочных клетках обычно применяются три основных типа сопряжений: *a* — этажное; *b* — на одном уровне и *в* — пониженное (рис. 1.1). При проектировании сопряжения необходимо обеспечить не только прочность соединения, но и удобство монтажа. Характер сопряжения балок определяется из тщательного сопоставления различных видов сопряжения и увязки их вертикальных размеров со строительной высотой перекрытия.

Наиболее простым и удобным для монтажа является этажное сопряжение (рис. 1.1, *a*), при котором балки настила прикрепляются болтами к уголкам или изогнутым планкам, приваренным к главным балкам. Применяется также непосредственная приварка балок настила к главным. Недостатком этажного сопряжения является сравнительно большая строительная высота.

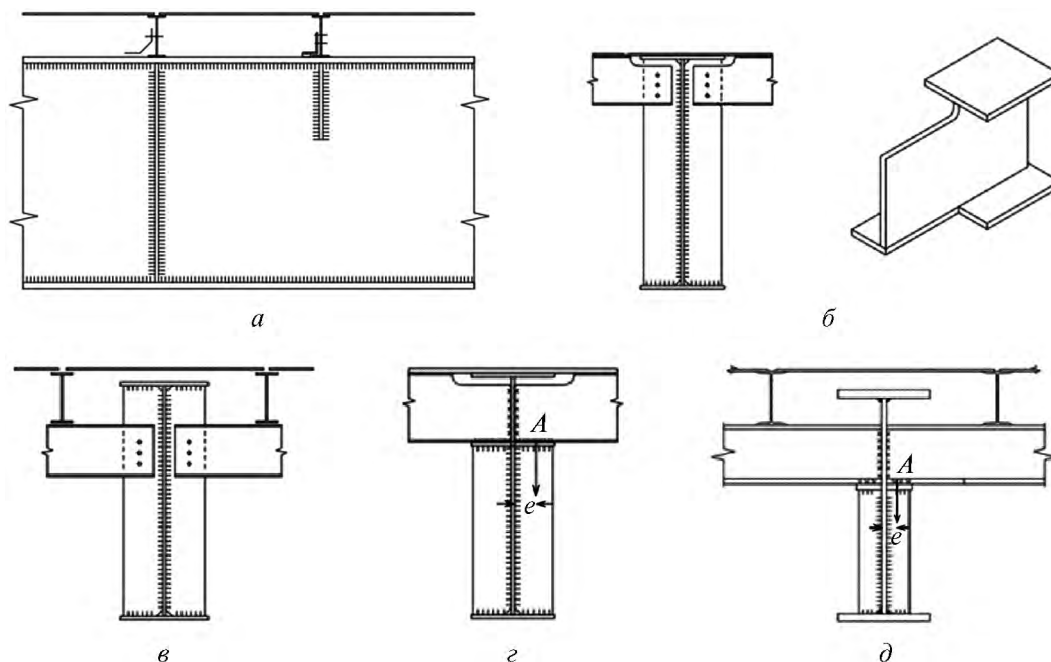


Рис. 1.1. Типы сопряжений балок

В конструкциях сопряжений, изображённых на рис. 1.1, *б* и *в*, монтажные болты рассчитывают на опорное давление  $A$ , увеличенное на 20–30 %. Это увеличение учитывает влияние момента от частичного защемления вспомогательных балок на опоре.

В конструкциях сопряжений, изображённых на рис. 1.1, *г* и *д*, швы, приваривающие вспомогательные балки к рёбрам жёсткости, рассчитываются на опорное давление  $A$  и момент  $A_e$ . Горизонтальные швы на монтажных столиках можно не рассчитывать.

## 1.2. Выбор типа балочной клетки

В рабочих площадках промышленных зданий часто применяется плоский стальной настил, состоящий из листов, приваренных к балкам настила (рис. 1.2).

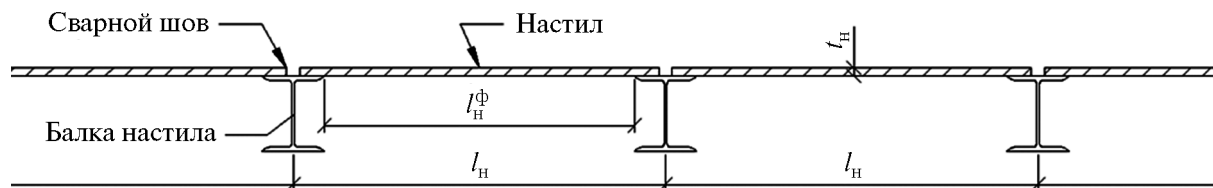


Рис. 1.2. Плоский стальной настил

При стальном настиле наиболее целесообразно применять нормальный или усложнённый тип балочной клетки.

Балочная клетка нормального типа состоит из главных балок и поперечных балок настила, непосредственно поддерживающих настил перекрытия (рис. 1.3, а).

Балочная клетка усложнённого типа состоит из главных балок, поперечных вспомогательных балок и продольных балок настила (рис. 1.3, б). Обычно балки настила опираются на поперечные вспомогательные балки сверху, что приводит к опиранию настила по двум сторонам.

При выполнении проекта следует рассчитать два варианта балочной клетки и после сопоставления отдельных вариантов по технико-экономическим данным выбирать наиболее выгодный вариант по весу конструкций, трудоёмкости изготовления и монтажа.

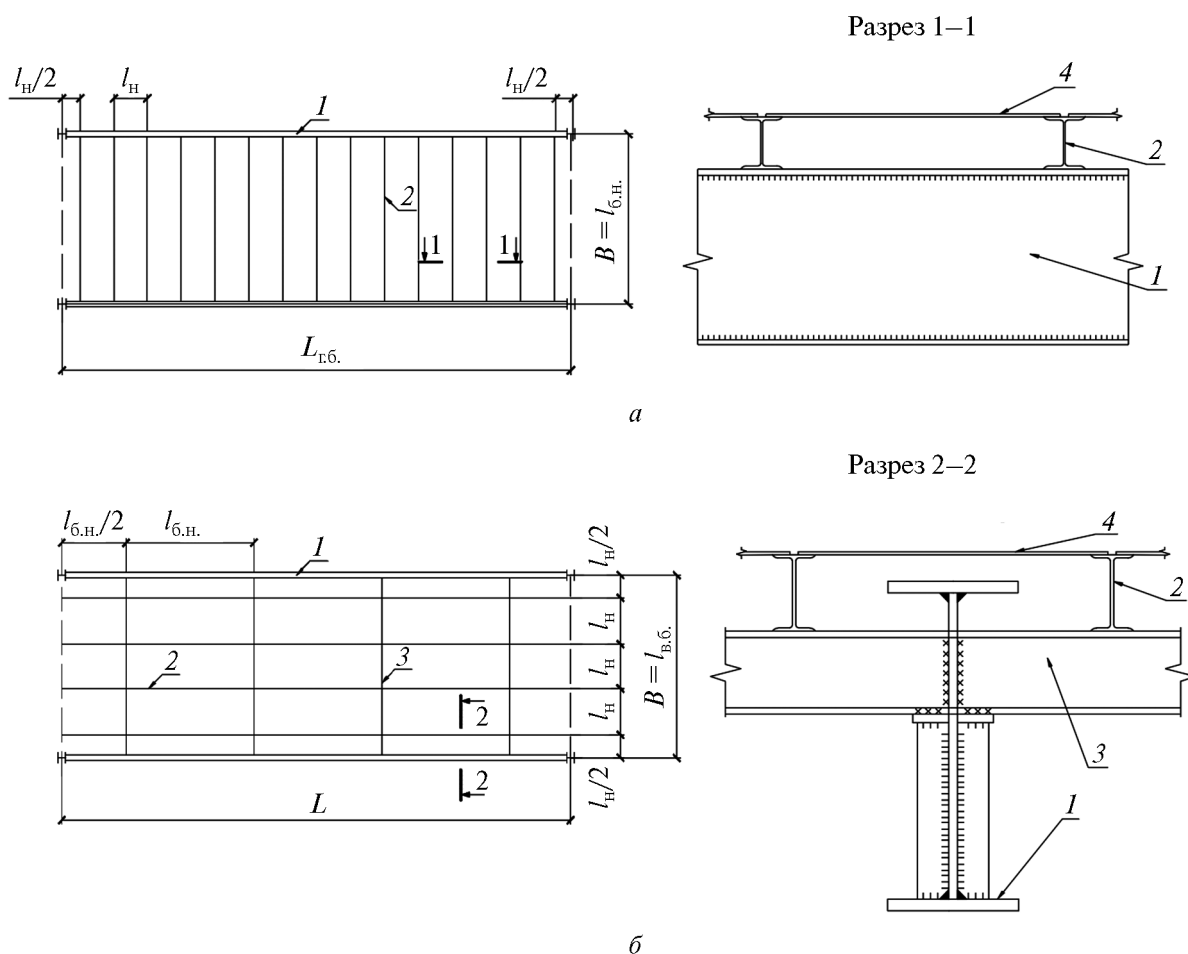


Рис. 1.3. Типы балочных клеток:

а — нормального типа; б — усложнённая; 1 — главная балка; 2 — балка настила; 3 — вспомогательная балка; 4 — настил

При компоновке балочной клетки количество вспомогательных балок желательно принимать чётное с тем, чтобы вспомогательные балки не попали на монтажный стык главных балок или на ось колонн, так как это осложняет конструкцию главной балки и колонн. Поэтому крайние балки следует ставить от осей колонн на расстояниях, равных половине шага вспомогательных балок (рис. 1.3). Расстояние между балками настила определяется несущей способностью настила.

Завершением компоновочной части должно явиться сопоставление вариантов балочной клетки по весу конструкций на квадратный метр площади (в виде табл. 1.1) и выбор окончательного варианта расположения балок с учётом трудоёмкости изготовления и монтажа конструкций. Форма таблицы сопоставления вариантов приводится ниже:

Таблица 1.1

### Сопоставление вариантов балочной клетки

	Данные для сопоставления вариантов	I вариант	II вариант	Примечание
1	Расход стали на 1 м <sup>2</sup> площади в кг			На одну ячейку
2	Количество вспомогательных балок			
3	Количество балок настила			
4	Общее количество балок			

Расход стали на 1 м<sup>2</sup> площади можно определить по формуле:

$$g = g_n^H + \frac{g_{б.н.}^H}{l_n} + \frac{g_{в.б.}^H}{l_{б.н.}},$$

где  $g_n^H$  — вес настила на 1 м<sup>2</sup> площади, кг;  $g_n^H = 78,5t_n$  ( $t_n$  — толщина настила, см);  $g_{в.б.}^H$  — вес одного погонного м вспомогательной балки, кг;  $g_{б.н.}^H$  — вес одного погонного м балки настила, кг;  $l_{б.н.}$  — пролёт балки настила, м;  $l_n$  — пролёт настила, м.

Требуется спроектировать балочную клетку и колонны рабочей площадки промышленного здания по следующим данным:

– размеры площадки в плане  $5L \times 3B$ , где:

$L = 18$  м шаг колонн в продольном направлении;

$B = 6$  м шаг колонн в поперечном направлении;

– Отметка чистого пола  $\pm 0,00$  м;

– Отметка верха настила  $h_2 = 8,5$  м;

– Отметка габарита помещения  $h_1 = 6,0$  м;

– Пол рабочей площадки — асфальтовый;

– Полезная нормативная нагрузка  $q_{вр}^H = 22 \text{ кН/м}^2 = 2,2 \text{ т/м}^2$ ;

– Балки настила и вспомогательные балки — прокатные; главные балки — составные сварные; колонны — сплошные, составные, сварные.

### Предварительные данные

В рабочих площадках промышленных зданий в основном применяются балочные клетки нормального и усложнённого типов.

Расстояние между балками настила при стальном настиле рекомендуется назначить в пределах  $0,6 \div 1,6$  м, а расстояние между вспомогательными балками —  $3 \div 6$  м.

### 1.3. Компоновка вариантов балочных клеток

Компоуем два варианта балочной клетки согласно размерам  $L$  и  $B$  балочной клетки в плане, заданном в исходных данных задания (рис. 1.4 и 1.5).

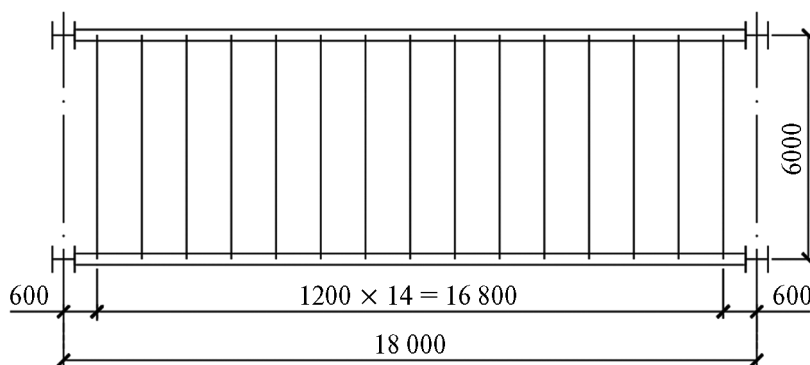


Рис. 1.4. Балочная клетка нормального типа:  
пролёт настила  $l_{\text{н}} = 1,2$  м; пролёт балок настила  $l_{\text{б.н.}} = 6,0$  м

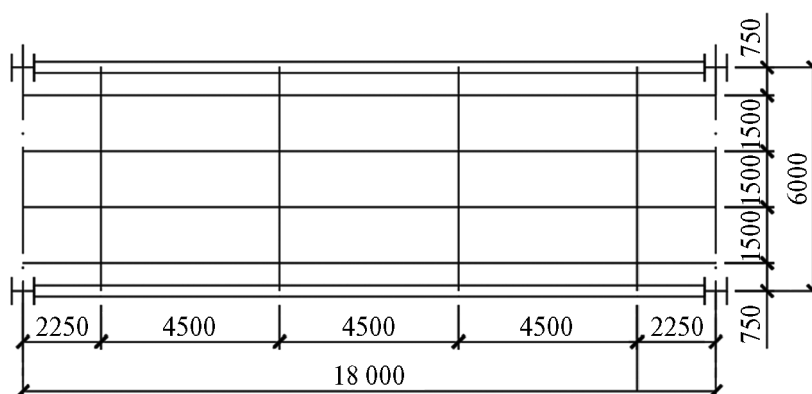


Рис. 1.5. Балочная клетка усложнённого типа:  
пролёт настила  $l_{\text{н}} = 1,5$  м; пролёт балок настила  $l_{\text{б.н.}} = 4,5$  м; пролёт второстепенных балок  $l_{\text{в.б.}} = 6,0$  м

### Расчёт вариантов балочной клетки

Для выбора окончательного варианта расположения балок в ячейке в нормальной балочной клетке рассчитывают настил и балки настила, в усложнённой балочной клетке — настил, балки настила и вспомогательные балки.

#### 1.4. Определение нагрузок

Поверх настила устраивается выравнивающий слой из лёгкого бетона толщиной  $t = 20 \div 50$  мм ( $\rho = 15 \div 18$  кН/м<sup>3</sup>) и защитный настил — пол толщиной  $t = 20 \div 30$  мм из различных материалов: асфальта ( $\rho = 18$  кН/м<sup>3</sup>), бетона ( $\rho \leq 25$  кН/м<sup>3</sup>), кирпича ( $\rho \approx 20$  кН/м<sup>3</sup>), керамических плиток ( $\rho \approx 22$  кН/м<sup>3</sup>) и т.д.

Нормативная равномерно-распределённая нагрузка на единицу площади настила: (приняв  $t_{\text{пола}} = 25$  мм,  $t_{\text{вырав. слоя}} = 40$  мм)

$$q_{\text{н}}^{\text{н}} = q_{\text{пола}}^{\text{н}} + q_{\text{вырав. слоя}}^{\text{н}} + q_{\text{вр}}^{\text{н}} = t_1 \rho_{\text{пола}} + t_1 \rho_{\text{вырав. слоя}} + q_{\text{вр}}^{\text{н}} =$$

$$= 0,025 \cdot 18 + 0,04 \cdot 16 + 22 = 0,45 + 0,64 + 22 = 23,1 \text{ кН/м}^2.$$

Расчётная равномерно-распределённая нагрузка на единицу площади настила:

$$q_{\text{н}} = q_{\text{пола}}^{\text{н}} \gamma_1 + q_{\text{вырав. слоя}}^{\text{н}} \gamma_2 + q_{\text{вр}}^{\text{н}} \gamma_3 = 0,45 \cdot 1,2 + 0,64 \cdot 1,3 + 22 \cdot 1,2 =$$

$$= 0,54 + 0,84 + 26,4 = 27,8 \text{ кН/м}^2,$$

где  $\gamma_i$  — коэффициенты надёжности по нагрузке, которые соответственно равны: для пола  $\gamma_1 = 1,2$ ; для выравнивающего слоя  $\gamma_2 = 1,3$ ; для полезной временной нагрузки  $\gamma_3 = 1,2$ .

## 2. РАСЧЁТ БАЛОЧНОЙ КЛЕТКИ НОРМАЛЬНОГО ТИПА (I ВАРИАНТ)

### 2.1. Расчёт настила

Плоский стальной несущий настил приваривается к балкам настила (рис. 2.1).

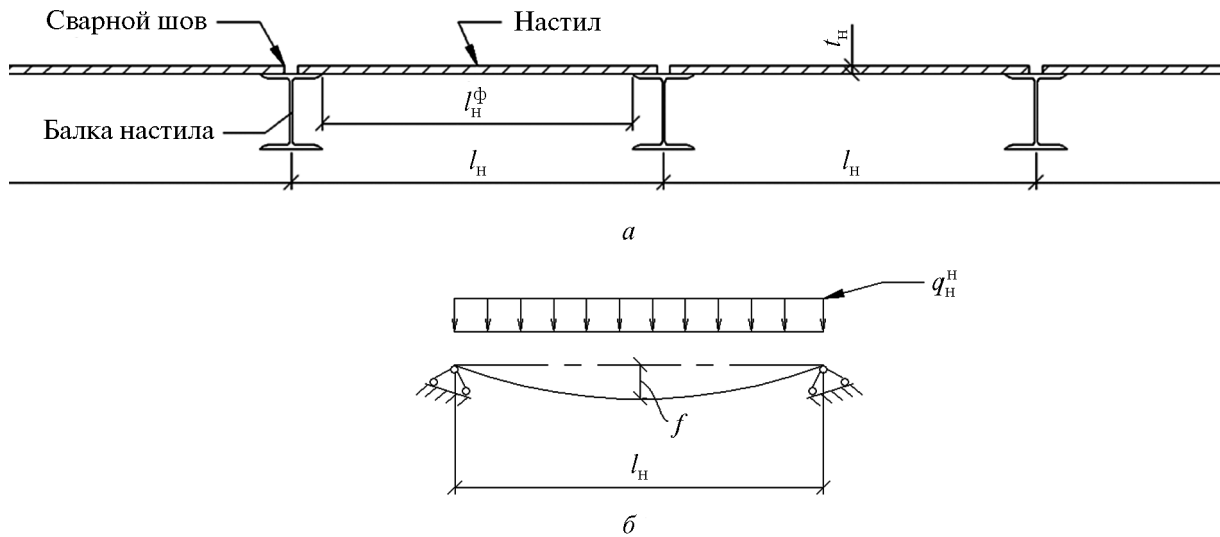


Рис. 2.1. Плоский стальной настил:  
а — опирание настила на балки; б — расчётная схема

Если нагрузка, действующая на стальной настил, не превышает  $50 \text{ кН/м}^2$  и относительный прогиб не более  $\frac{1}{150} \div \frac{1}{200}$ , расчёт осуществляется из условия жёсткости по следующей формуле

$$\frac{l_H}{t_H} = \frac{4n_0}{15} \left( 1 + \frac{72E_1}{n_0^4 q_H^H} \right),$$

где  $l_H / t_H$  — искомое отношение пролёта настила к его толщине;  $n_0 = l_H / |f|$  — заданное отношение пролёта настила к его предельному прогибу;  $E_1 = \frac{E}{1 - \mu^2}$  — цилиндрическая жёсткость настила;  $E = 2,06 \cdot 10^4 \text{ кН/см}^2$  — модуль упругости стали;  $\mu = 0,3$  — коэффициент Пуассона.

Принимаем  $n_0 = \frac{l_H}{f} = 150$ ;  $E_1 = \frac{2,06 \cdot 10^4}{1 - 0,3^2} = 2,26 \cdot 10^4 \text{ кН/см}^2$ , и определяем:

$$\frac{l_H}{t_H} = \frac{4 \cdot 150}{15} \left( 1 + \frac{72 \cdot 2,26 \cdot 10^4}{150^4 \cdot 0,00231} \right) = 96, \text{ откуда толщина настила}$$

$$t_H = \frac{l_H}{96} = \frac{120}{96} = 1,25 \text{ см, принимаем } t_H = 12 \text{ мм.}$$

Вес  $1 \text{ м}^2$  настила:

$$g_H^H = t_H \rho_{\text{стали}} = 0,012 \text{ м} \cdot 7850 \text{ кг/м}^3 = 94,2 \text{ кг/м}^2 = 0,942 \text{ кН/м}^2.$$

*Примечание.* Толщина настила должна быть согласована со стандартом на листовую сталь и может быть округлена в меньшую сторону, так как фактический пролёт настила  $l_H^Ф < l_H$  (рис. 2.1).

## 2.2. Расчёт балки настила

### 2.2.1. Подбор сечения

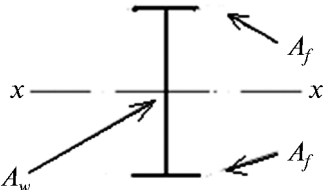
Подбор сечения балки настила производится из условия прочности изгибаемого элемента по формуле:

$$\frac{M^{\max}}{C_1 W_x R_y \gamma_c} \leq 1; \text{ откуда } W_x^{\text{тp}} \geq \frac{M^{\max}}{C_1 R_y \gamma_c},$$

где  $M^{\max}$  — максимальный изгибающий момент в балке от линейной расчётной нагрузки  $q_{6.н.}$  (см. рис. 2.2);  $C_1$  — коэффициент, учитывающий развитие пластических деформаций, принимаемый предварительно при подборе сечения равным 1,1 и в дальнейшем уточняемый при проверке прочности сечения по табл. 2.1;  $W_x$  — момент сопротивления сечения;  $R_y$  — расчётное сопротивление стали; для стали класса прочности С255 принимаем  $R_y = 240 \text{ МПа} = 24 \text{ кН/м}^2$ ;  $\gamma_c = 1$  — коэффициент условия работы.

Таблица 2.1

**Коэффициент  $C_1$ , учитывающий развитие пластических деформаций**

Схема сечения	$\frac{A_f}{A_w}$	Значение коэффициента $C_1$
	0,25	1,19
	0,50	1,12
	1,0	1,07
	2,0	1,04

Определяем линейную нормативную и расчётную нагрузки, действующие на балку (рис. 2.2, а, б).

Линейная нормативная нагрузка:

$$q_{6.н.}^H = (q_H^H + \gamma_H^H) l_H = (23,1 + 0,942) 1,2 = 28,85 \text{ кН/м.}$$

Линейная расчётная нагрузка:

$$q_{6.н.} = (q_H + g_H^H \gamma_{fn}) l_H = (27,8 + 0,942 \cdot 1,05) 1,2 = 34,55 \text{ кН/м,}$$

где  $\gamma_{fn} = 1,05$  — коэффициент надёжности (постоянной нагрузки) собственного веса металлических конструкций.

Максимальный расчётный изгибающий момент и требуемый момент сопротивления балки определяются по следующим формулам:

$$M^{\max} = \frac{q_{6.н.} l_{6.н.}^2}{8} = \frac{34,55 \cdot 6,0^2}{8} = 155,475 \text{ кНм} = 15\,547,5 \text{ кНсм;}$$

$$W_x^{\text{тp}} = \frac{M^{\max}}{C_1 R_y \gamma_c} = \frac{15547,5}{1,1 \cdot 24 \cdot 1,0} = 589 \text{ см}^3.$$

По сортаменту принимаем прокатный двутавр № 33 со следующими характеристиками:

$$J_x^\Phi = 9840 \text{ см}^4; W_x^\Phi = 597 \text{ см}^3; g_{6.н.}^H = 42,2 \text{ кг/м} = 0,422 \text{ кН/м}; A^\Phi = 53,8 \text{ см}^2.$$



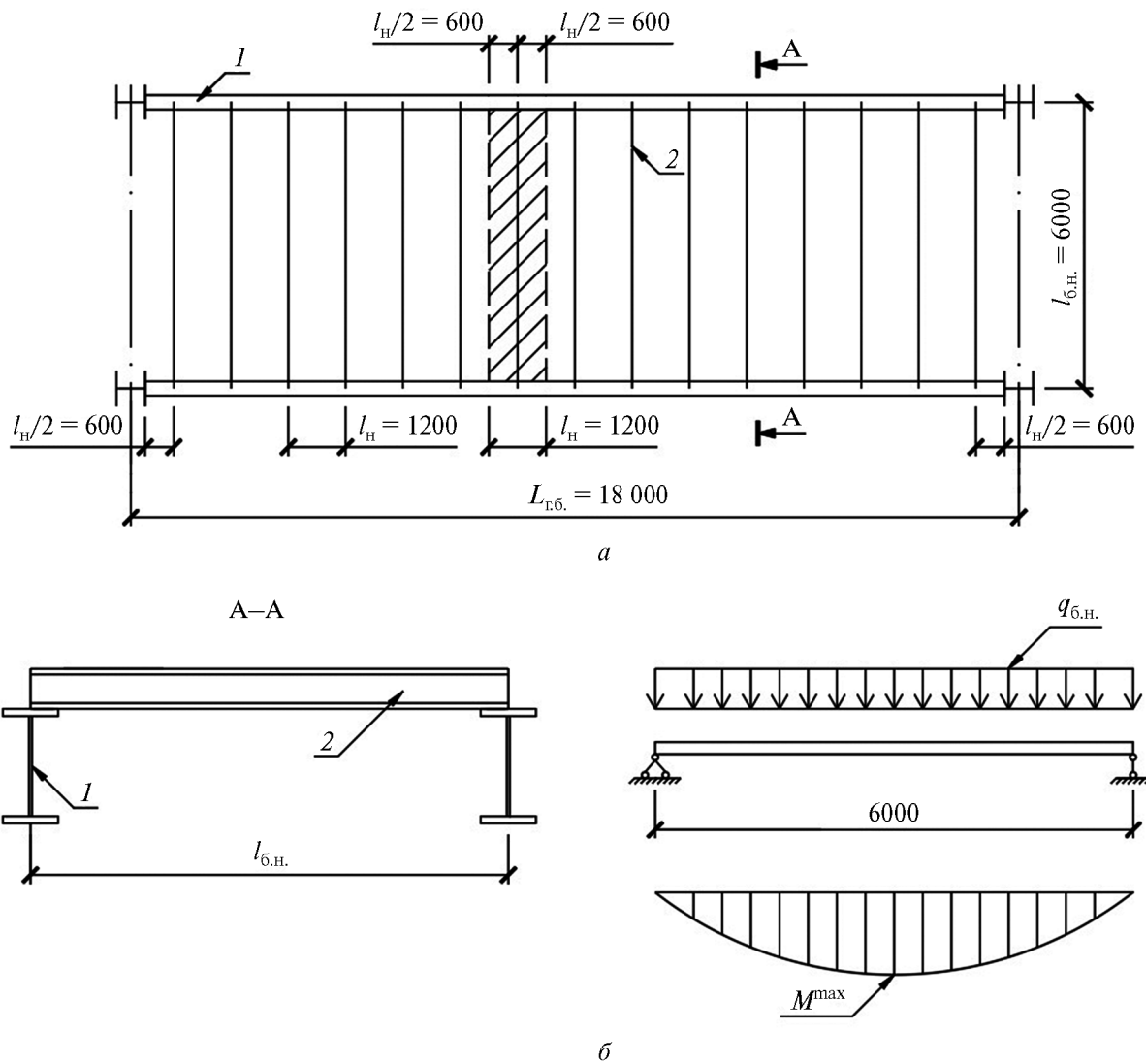


Рис. 2.2. Балочная клетка нормального типа и расчётная схема балки настила:  
 1 — главная балка; 2 — балка настила

Уточняем значение коэффициента  $C_1$ :

$$A_f = 1,1 \cdot 14 = 15,4 \text{ см}^2; A_w = A - 2A_f = 53,8 - 2 \cdot 15,4 = 23 \text{ см}^2.$$

$$\frac{A_f}{A_w} = \frac{15,4}{23} \approx 0,6 \text{ интерполяцией находим } C_1 = 1,103 \text{ (табл. 2.1).}$$

### 2.2.2. Проверка выбранного сечения

Учитывая собственный вес балки настила, вычисляем фактическую линейную нормативную и расчётную нагрузки балки и максимальный изгибающий момент:

$$q_{б.н.}^{\text{факт.}} = q_{б.н.}^{\text{н.}} + g_{б.н.}^{\text{н.}} = 28,85 + 0,422 = 29,3 \text{ кН/м} = 0,293 \text{ кН/см};$$

$$q_{б.н.}^{\text{факт.}} = q_{б.н.}^{\text{н.}} + g_{б.н.}^{\text{н.}} \cdot \gamma_{\text{пл}} = 34,55 + 0,422 \cdot 1,05 = 35 \text{ кН/м};$$

$$M_{\text{max}}^{\text{факт.}} = \frac{q_{б.н.}^{\text{ф.}} \cdot l_{б.н.}^2}{8} = \frac{35 \cdot 6,0^2}{8} = 157,5 \text{ кНм} = 15\,750 \text{ кНсм.}$$

Проверяем а) прочность и б) жёсткость подобранного сечения балки:

$$\text{а) } \frac{M_{\max}^{\text{факт.}}}{C_1 W_x^{\Phi} R_y \gamma_c} \leq 1;$$

$$\frac{15\,750}{1,103 \cdot 597 \cdot 24} = 0,997 \leq 1.$$

Условие прочности удовлетворено.

Недонапряжение  $\Delta_{\sigma} = (1 - 0,997)100 \% = 0,3 \%$ .

Недонапряжение в прокатных балках может достигать 10÷15 %;

$$\text{б) } f = \frac{5}{384} \frac{q_{\text{б.н.}}^{\text{н.ф.}} l^4}{E J_x^{\Phi}} \leq [f] = \frac{600}{200} = 3 \text{ см},$$

где  $[f] = \frac{1}{200}l$  — допустимый прогиб для балок настила и вспомогательных балок.

$$f = \frac{5}{384} \frac{0,293 \cdot 600^4}{2,06 \cdot 10^4 \cdot 9840} = 2,44 \text{ см} < 3 \text{ см}.$$

Условие жёсткости также удовлетворено.

### 2.2.3. Определение расхода стали на 1 м<sup>2</sup> площади перекрытия

$$g = g_{\text{н}}^{\text{н}} + \frac{g_{\text{б.н.}}^{\text{н}}}{l_{\text{н}}} = 0,942 + \frac{0,422}{1,2} = 1,294 \text{ кН/м}^2 = 129,4 \text{ кг/м}^2.$$

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

[e-Univers.ru](http://e-Univers.ru)