

## Основы расчета и проектирования сварных конструкций

### Тема: Применение прокатных балок и их расчет

#### Задание для студентов

1. Повторить из курса теоретической механики (раздел «Сопротивление материалов») понятие жесткости и ее единицы измерения, а также сортамент прокатных балок
2. Ознакомиться с теоретическим материалом
3. Ознакомиться с видеоматериалом по ссылкам:

|  |   |
|--|---|
| Балочная клетка  | <a href="https://www.youtube.com/watch?v=abgqVQ5uzus&amp;feature=emb_logo">https://www.youtube.com/watch?v=abgqVQ5uzus&amp;feature=emb_logo</a> |
| Балочная опалубка перекрытий Н20                               | <a href="https://www.youtube.com/watch?v=pxYpIsqglw4&amp;feature=emb_logo">https://www.youtube.com/watch?v=pxYpIsqglw4&amp;feature=emb_logo</a> |
| Двутавровая балка. Расчеты на прочность, жесткость. ЛИРА-САПР. | <a href="https://www.youtube.com/watch?v=4fdGk7f77fY&amp;feature=emb_logo">https://www.youtube.com/watch?v=4fdGk7f77fY&amp;feature=emb_logo</a> |

4. Составить конспект лекции (объем 2-3 страницы).
5. Определить по таблице 3, для каких видов балок их относительный прогиб минимален
6. Ответить на контрольные вопросы в **письменном** виде
7. Представить **конспект лекции и ответы** на контрольные вопросы в электронном виде на проверку в течение трех дней со дня выдачи задания.

С уважением, *Гнатюк Ирина Николаевна*.

При необходимости вопросы можно задать по телефону: 072-136-54-46

Работы отправлять на электронную почту [ira.gnatyuk.60@inbox.ru](mailto:ira.gnatyuk.60@inbox.ru)

#### ЛЕКЦИЯ

**Тема:** Применение прокатных балок и их расчет

**Цель:** Ознакомить студентов порядком расчета балочных клеток, составленных их прокатных балок

#### *План:*

1. Балочные клетки
2. Расчет сварной балочной клетки
  - 2.1 Расчетная схема
  - 2.2 Максимальный момент в конструкции
  - 2.3 Действие переменной нагрузки
  - 2.4 Значение относительного прогиба

Прокатные балки обычно входят в состав различных конструкций. Наиболее характерным случаем применения прокатных балок являются балочные клетки различных рабочих площадок или междуэтажных перекрытий (рисунок 1), в которых балки прокатного профиля используются как вспомогательные (продольные), несущие меньшую нагрузку и имеющие меньший пролет по сравнению с главными (поперечными) балками, в качестве которых применяются более мощные и более высокие составные сварные балки.

Расчет всякой конструкции необходимо начинать с составления расчетной схемы. Всю балочную клетку следует рассматривать как состоящую из отдельных балок, различающихся между собой по условиям опирания и нагружения. При этом можно составить две основные расчетные схемы: одну — для вспомогательных балок и другую — для главных. В пределах каждой расчетной схемы можно дополнительно выделить крайние балки, нагрузка на которые собирается с меньших участков перекрываемой площади и которые поэтому находятся в условиях менее интенсивного нагружения.

В сварных конструкциях продольные балки могут быть присоединены к поперечным балкам так, что их поперечное сечение в месте крепления будет иметь возможность воспринимать не только перерезывающие силы, но и изгибающие моменты. Поэтому расчетная схема для них может быть принята как для неразрезной балки с числом опор, определяемым числом поперечных балок. Это обстоятельство является характерной особенностью сварных конструкций и должно использоваться как дополнительная возможность для снижения веса прокатных балок за счет снижения значений изгибающих моментов в середине пролета.

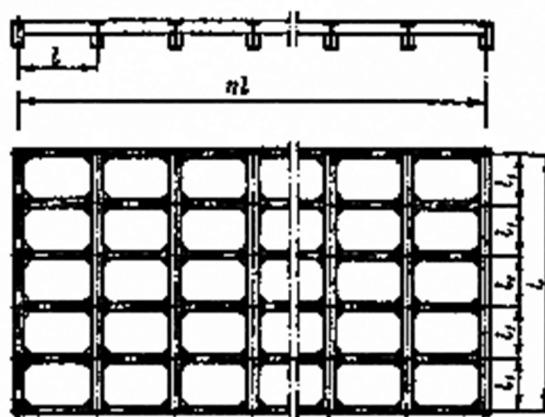


Рисунок 1 - Схема сварной балочной клетки

При большом числе пролетов неразрезных балок их средние пролеты (начиная с третьего) находятся в примерно равных условиях нагружения, поэтому расчетную схему для многопролетной неразрезной балки можно принять как для пятипролетной неразрезной балки, считая при этом опорные реакции и изгибающие моменты для всех средних пролетов реальных балок по третьему пролету пятипролетной балки.

При расчете неразрезных балок с равными пролетами пользуются готовыми таблицами, в которых приведены заранее вычисленные коэффициенты для определения изгибающих моментов и опорных реакций.

Для определения изгибающих моментов необходимо приведенные в табл. 1 значения коэффициентов умножить на произведение  $ql^2$  или  $pl^2$ .

Так, например, наибольший изгибающий момент во втором пролете от действия равномерно распределенной постоянной нагрузки интенсивностью  $q$  и от переменной нагрузки интенсивностью  $p$  найдется следующим образом:

$$M_2' = m_2'ql^2 + m_2'pl^2 = 0,033ql^2 + 0,079pl^2.$$

Подобным же образом наибольший изгибающий момент на опоре 2 будет

$$M_2 = m_2ql^2 + m_2pl^2 = -0,079ql^2 - 0,111pl^2.$$

По данным, приведенным на рисунке 2 и в таблице 1, видно, что при действии переменной нагрузки наиболее опасные комбинации ее расположения для различных сечений и пролетов различны. Так, для сечений в пролете наиболее опасная комбинация создается, когда загружается рассматриваемый пролет, а остальные пролеты находятся в состоянии чередующейся разгрузки и загрузки. Для опорных сечений наиболее опасная комбинация создается при нагружении двух смежных пролетов и при условии чередующейся разгрузки и загрузки для всех остальных пролетов.

Момент  $M_1$  имеет большее (по абсолютной величине) значение со стороны пролета, загруженного только постоянной нагрузкой.

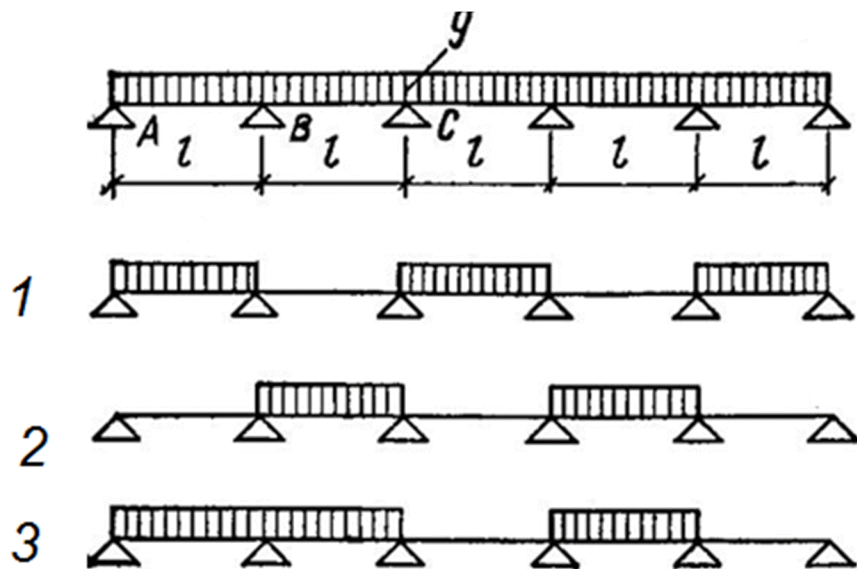


Рисунок 2 - Схемы загрузки неразрезной балки

Таблица 1

Коэффициенты для определения моментов неразрезной пятипролетной балки с равными пролетами

| Схема нагрузки<br>(по рис.2) | Для пролетных моментов |        |        | Для опорных моментов |        |        |        |
|------------------------------|------------------------|--------|--------|----------------------|--------|--------|--------|
|                              | $m'_1$                 | $m'_2$ | $m'_3$ | $m_1$                | $m_2$  | $m_3$  | $m_4$  |
| Схема 1                      | 0,1                    | 0,046  | 0,096  | -0,063               | -0,04  | -0,04  | -0,053 |
| Схема 2                      | -0,026                 | 0,079  | -0,04  | -0,053               | 0,04   | -0,04  | -0,053 |
| Схема 3                      | 0,068                  | 0,055  | 0,047  | -0,119               | -0,022 | -0,044 | -0,051 |

Последняя комбинация создает также наибольшие опорные реакции. Значения коэффициентов для определения опорных реакций приведены в таблице 2.

Для определения опорных реакций необходимо приведенные в таблице коэффициенты умножить на произведение  $ql$  и  $pl$ . Так, например, наибольшая опорная реакция на опоре 1 будет

$$R_1 = a_1 ql + a_2 pl = 1,132ql + 1,218pl.$$

Используя для продольных балок прокатные двутавры, следует иметь в виду, что при изгибе более целесообразно применять профили с тонкой стенкой, так как они при равных значениях момента сопротивления обладают меньшим весом.

Подбор сечений продольных балок сварной балочной клетки целесообразно производить по значениям изгибающего момента в пролете, так как на опорах сварное сечение узла может быть усилено постановкой фасонки. В этом случае надежность местного подкрепления должна быть проверена расчетом на действие опорного момента и перерезывающей силы.

Таблица 2

Коэффициенты для определения опорных реакций неразрезной пятипролетной балки с равными пролетами

| Характеристика нагружения                                     | $a$   | $a_1$ | $a_2$ |
|---|-------|-------|-------|
| При равномерно распределенной нагрузке по всем пролетам       | 0,395 | 1,132 | 0,974 |
| При наиболее опасной комбинации нагружения отдельных пролетов | 0,447 | 1,218 | 1,167 |

Определение прогиба в пролетах неразрезной балки можно, используя метод наложения, производить по формулам для свободно опертой балки на двух опорах. В этом случае можно определить прогиб в середине пролета для балки, нагруженной равномерно распределенной нагрузкой, по формуле

$$f_1 = \frac{5}{384} \frac{(q + p) l^4}{EJ}$$

и прогиб в середине пролета от действия опорных моментов по формуле

$$f_2 = - \frac{M_1 + M_2}{16EJ}.$$

Прогиб в середине пролета неразрезной балки равен

$$f = f_1 + f_2.$$

При определении опорных моментов необходимо брать по таблице 1 коэффициенты, соответствующие рассматриваемому случаю нагружения. Так, например, при определении прогиба  $f_2$  для наиболее опасного случая нагружения пролета 2 будем иметь:

$$M_1 = -0,105ql^2 - 0,053pl^2;$$

$$M_2 = -0,079ql^2 - 0,04pl^2.$$

После того как изгибающие моменты расчетом уже определены, производится подбор сечения прокатных балок исходя из условия прочности.

При этом определяется требуемый момент сопротивления сечения по формулам:

при расчете по допускаемым напряжениям

$$W = \frac{M}{[\sigma]}$$

при расчете по расчетным сопротивлениям

$$W = \frac{M_n}{R}$$

В этих формулах значения изгибающих моментов  $M$  и  $M_n$  по величине различны, так же как различны значения допускаемых напряжений  $[\sigma]$  и расчетных сопротивлений

После этого по сортаменту прокатных двутавров подбирается ближайший профиль, имеющий соответствующий момент сопротивления, равный или несколько больший требуемого значения, определенного расчетом.

В случае необходимости проверка прочности балки может быть произведена по формуле для нормальных напряжений

$$\sigma = \frac{M}{W}.$$

В связи с тем, что в прокатных двутаврах толщина стенки имеет достаточно большую величину, проверка касательных, а также главных напряжений в них не требуется, так как эти напряжения в прокатных профилях всегда оказываются ниже допускаемых.

Проверка жесткости балок производится путем определения ее прогиба, величина которого ограничивается определенными пределами, устанавливаемыми специальными техническими нормами в зависимости от

условий работы балок.

Так, например, по строительным нормам и правилам (СНиП) относительные прогибы балок в долях от пролета не должны превышать величин, указанных в таблице 3.

Проверка устойчивости стенок в прокатных балках не требуется, так как отношение высоты стенки  $H$  к ее толщине  $s$  меньше установленного нормами предела:

$$\frac{h}{s} \leq 110.$$

Таблица 3

Значения относительных прогибов балок

| Наименование                                       | Относительный прогиб |
|--|----------------------|
| <b>Балки рабочих площадок промышленных зданий:</b> |                      |
| при отсутствии рельсовых путей:                    |                      |
| главные  | 1/400                |
| прочие   | 1/250                |
| при наличии узкоколейных путей                     | 1/400                |
| »    »    ширококолейных путей                     | 1/600                |
| <b>Балки междуэтажных перекрытий:</b>              |                      |
| главные  | 1/400                |
| прочие   | 1/250                |

**Контрольные вопросы:**

- 1 Какие виды прокатных профилей Вы знаете?
- 2 Какие профили сварных балок целесообразно применять при изгибе и почему?
- 3 На какие усилия производят расчет прочности балки?
- 4 Какие усилия следует найти, чтобы иметь возможность начать подбор поперечного сечения балки?
- 5 Что такое жесткость балки и чем она проверяется?