

# Лекция 4

## **Расчет прочности сжатых элементов с косвенным армированием**

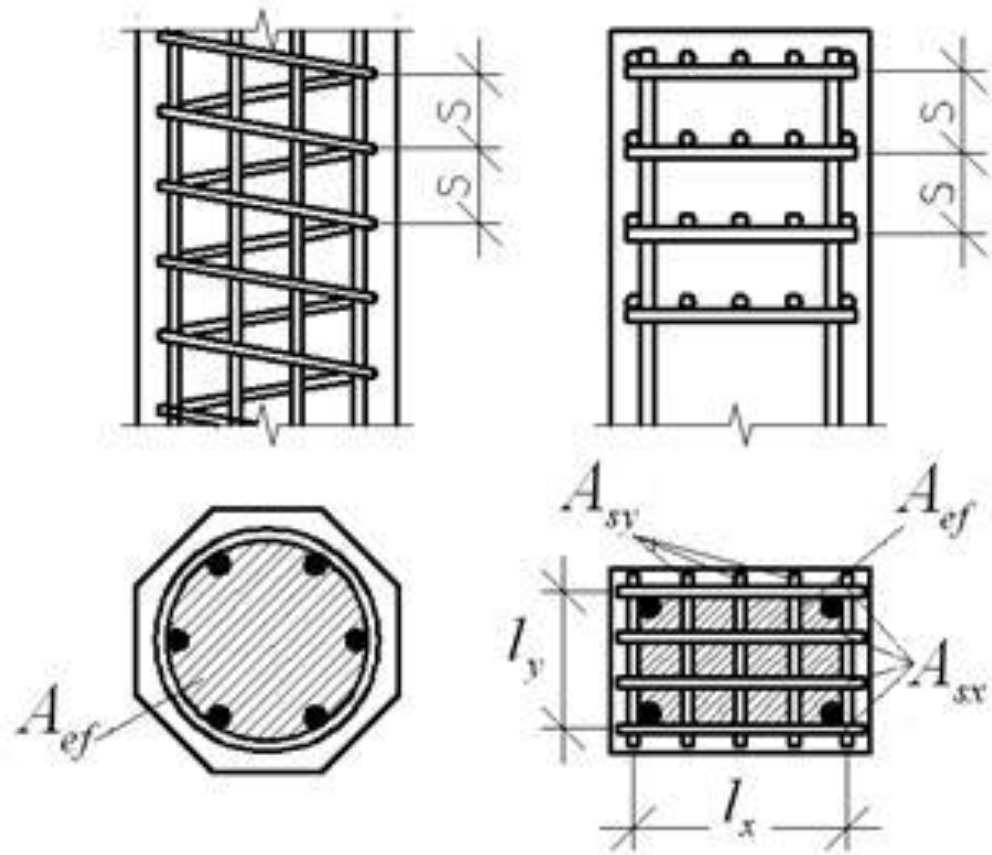
# План

1. Сжатые элементы, усиленные косвенным армированием.
2. Сжатые элементы с жесткой арматурой.

# Сжатые элементы, усиленные косвенным армированием.

- В случае если в коротком сжатом элементе установить поперечную арматуру, способную эффективно сдерживать поперечные деформации, этим можно существенно увеличить его несущую способность. Такое армирование принято называть *косвенным*.
- Для круглых и многоугольных поперечных сечений применяют косвенное армирование в виде спиралей или сварных колец (рис. 49, а), для прямоугольных сечений – в виде часто размещенных поперечных сварных сеток (рис. 49, б).
- Косвенное армирование применяют вблизи стыков сборных колонн, под анкерами и в зоне анкеровки предварительно напряженной арматуры для местного усиления.
- Это объясняется повышенным сопротивлением бетона сжатию в пределах ядра, заключенного внутри спирали или сварной сетки. Спирали, кольца, сетки подобно обойме сдерживают поперечные деформации бетона, возникающие при продольном сжатии, и тем самым обуславливают повышенное сопротивление бетона продольному сжатию.

Сжатые элементы, усиленные косвенным армированием  
а- спиральями или кольцами, б – сварными сетками



# Косвенное армирование

- Для повышения прочности бетона можно применить косвенное армирование. Несущая способность повышается за счет расположения поперечной арматуры с малым шагом как по длине элемента, так и по его сечению. Косвенная арматура в виде поперечных сварных сеток или спиралей, охватывающих снаружи продольные стержни, препятствует поперечному расширению бетона и повышает его сопротивление продольному сжатию. Разрушение элемента происходит, когда косвенная арматура достигает предела текучести. Следует, однако, помнить, что сетки косвенного армирования затрудняют укладку и уплотнение бетона. Кроме того, косвенное армирование эффективно только при малых эксцентриситетах и при небольшой гибкости элементов.

- Косвенной арматурой называется специальная поперечная арматура, которая позволяет значительно повысить несущую способность сжатых элементов. Косвенная арматура элементов прямоугольного сечения устраивается в виде часто расположенных сварных сеток в количестве не менее 4-х. Поперечно связанные сетки используются для усиления бетона при местном сжатии в зоне приложения наибольшей нагрузки. Сущность работы косвенной арматуры состоит в следующем: при продольном приложении нагрузки в элементах возникают поперечные растягивающие деформации, которые приводят к образованию продольных трещин в бетоне. Косвенная арматура работает на растяжение и сдерживает поперечные деформации бетона, повышая тем самым его несущую способность. Сварные сетки косвенного армирования выполняются из стали классов АI, АIII и ВрI с 3...10мм. Расстояние между стержнями сеток принимается от 45 до 100 мм. Сетки следует располагать на участке, называемом зоной усиления L, который равен  $10d$ , где  $d$  - диаметр продольной арматуры. Расстояние до 1-ой сетки  $S1$  назначается от 10...40мм. Расстояние между сетками  $S2$  назначается таким (в пределах от 60 до 150мм), чтобы оно делилось на 3.  $S2 = (L-S1)/3$

# Пример

1) Диаметр продольной арматуры по расчету получился 28мм.

Тогда зона усиления  $L=10d$ ;  $L=10 \times 28=280$ мм.

Принимаем  $S_1$  равным 10мм или 40мм, тогда  $S_2=(280-10)/3=90$ мм или  $S_2=(280-40)/3=80$ мм., что в пределах от 60 до 150мм.

2) Диаметр продольной арматуры по расчету получился 12мм.

Тогда зона усиления  $L=10d$ ;  $L=10 \times 12=120$ мм.

Принимаем  $S_1$  равным 30мм, тогда  $S_2=(120-30)/3=30$ мм, что меньше минимального расстояния 60мм, поэтому принимаем  $S_2$  равным 60мм.

# Расчет прочности сжатых элементов с косвенной арматурой

При расчете прочности сжатых элементов с косвенной арматурой учитывают лишь часть бетонного сечения  $A_{ef}$  ограниченную крайними стержнями сеток, кольцами или спиральной арматурой. Вместо сопротивления  $R_b$  применяют приведенное сопротивление  $R_{b,red}$  которое определяется при армировании сварными сетками, как:

$$R_{b,red} = R_b + \varphi \mu_{x,y} R_{s,xy}$$

где  $R_{s,xy}$  – расчетное сопротивление арматуры сеток;

$\mu_{x,y}$  – коэффициент косвенного армирования сетками,  
 где  $n$  – соответственно число стержней,  
 $A$  – площадь поперечного сечения  
 $l_x$  – длина стержня сетки (в осях крайних стержней) в одном направлении (рис. 49, б);

- $l_y$  – то же, в другом направлении;
- $A_{ef}$  – площадь сечения бетона, заключенного внутри контура сеток;
- $s$  – расстояние между сетками;
- $\varphi$  – коэффициент эффективности косвенного армирования, определяемый по формуле:

- $\mu_{x,y} = \frac{A_{s,xy}}{A_{ef} s}$ , где  $A_{s,xy}$  и  $R_b$  в МПа.



## **Сжатые элементы с жесткой (несущей) арматурой**

**Сжатые элементы с несущей арматурой применяют в монолитных железобетонных конструкциях, для возведения которых требуется устройство сложных лесов.**

Такие условия встречаются, в частности, при возведении каркасов гражданских зданий особо большой этажности.

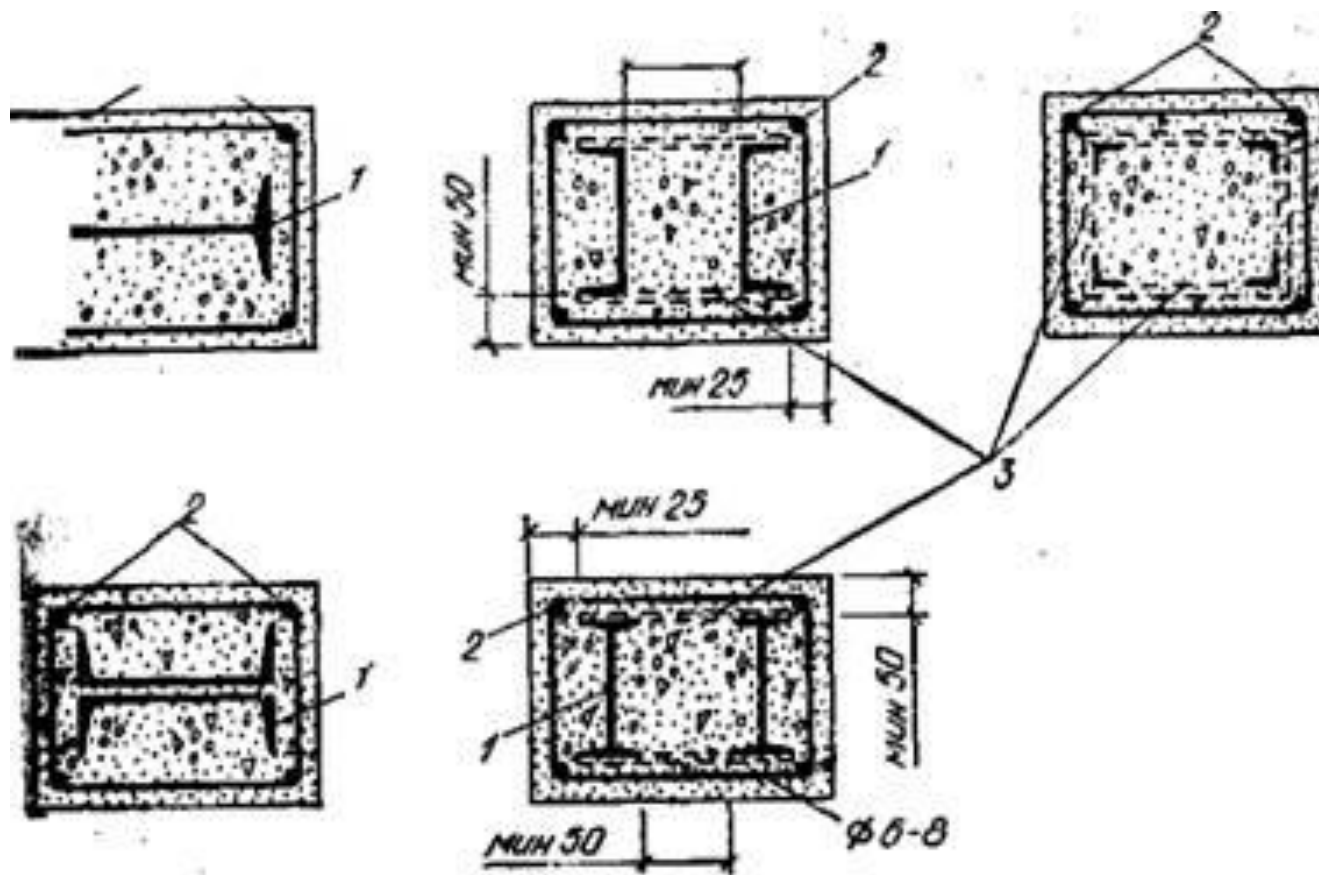
В процессе строительства несущая арматура используется вместо лесов для поддержания нагрузки от опалубки, свежего бетона и всех монтажных устройств. После приобретения бетоном достаточной прочности несущая арматура включается в работу в составе железобетонного сечения конструкции.

Наиболее целесообразно применять несущую арматуру в конструкциях, собственный вес которых не превышает 25% полной нагрузки; в этом случае перерасход стали или совсем отсутствует, или незначителен и окупается экономией на лесах.

# Типы колонн с несущей жесткой арматурой

1 — жесткий профиль; 2 — арматурные стержни;

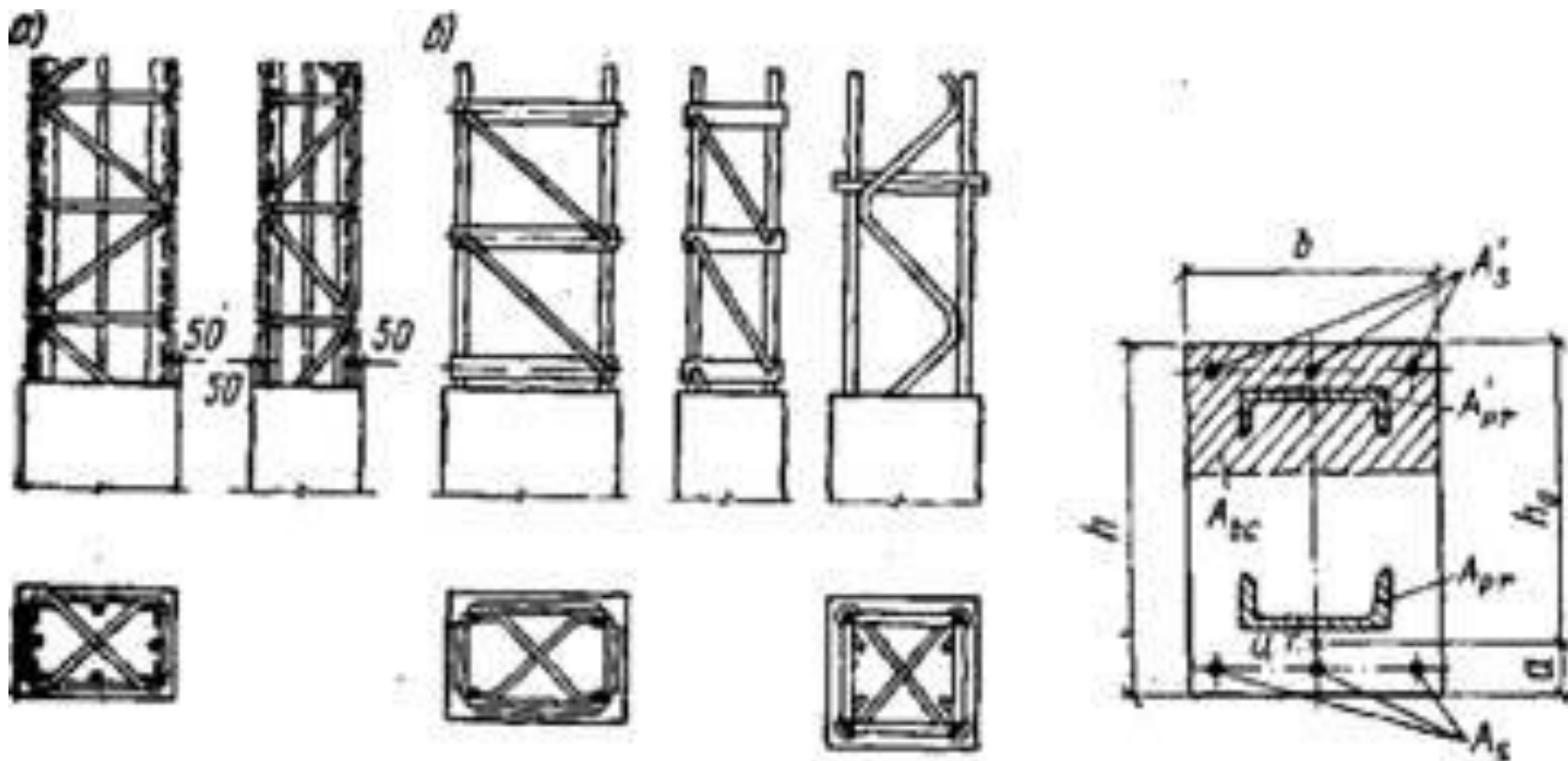
3 — соединительные планки



# Колонны с жесткой (несущей) арматурой из сварных каркасов.

## Продольные элементы каркасов

а — из фасонного и круглого проката; б — из круглого проката



# Конструирование сжатого элемента

**В качестве жесткой несущей арматуры используют прокатную сталь:**

двутаврового, швеллерного, крупного уголкового профиля, т. е. жесткую арматуру, или крупные круглые стержни и мелкий уголкового профиля — сварные каркасы.

Типы колонн с жесткой арматурой показаны на слайде 10.

Отдельные профили соединяют планками или решеткой.

Сечение жесткой арматуры принимают наименьшим, по условию восприятия нагрузок в процессе строительства — обычно в пределах 3—8 % площади бетона поперечного сечения элементов.

Во избежание отслоения бетона насыщение арматурой поперечного сечения не должно превышать 15%. При большем проценте армирования считают, что бетон может выполнять только функции защитной неработающей оболочки. Класс бетона должен быть не ниже В15. Элемент необходимо снабжать поперечной арматурой.

Если нужна дополнительная гибкая арматура, то ее размещают по периметру сечения и конструируют по общим правилам. Это могут быть отдельные стержни или плоские сварные каркасы. Если расчетное армирование осуществляется одной только жесткой арматурой, то по контуру сечения устанавливают легкие сварные сетки с монтажными стержнями по углам.

Защитный слой бетона для прокатных профилей и расстояния между профилями назначают как показано на слайде 10; при приведенных размерах обеспечивается высокое качество бетонирования.

## Конструирование сжатого элемента

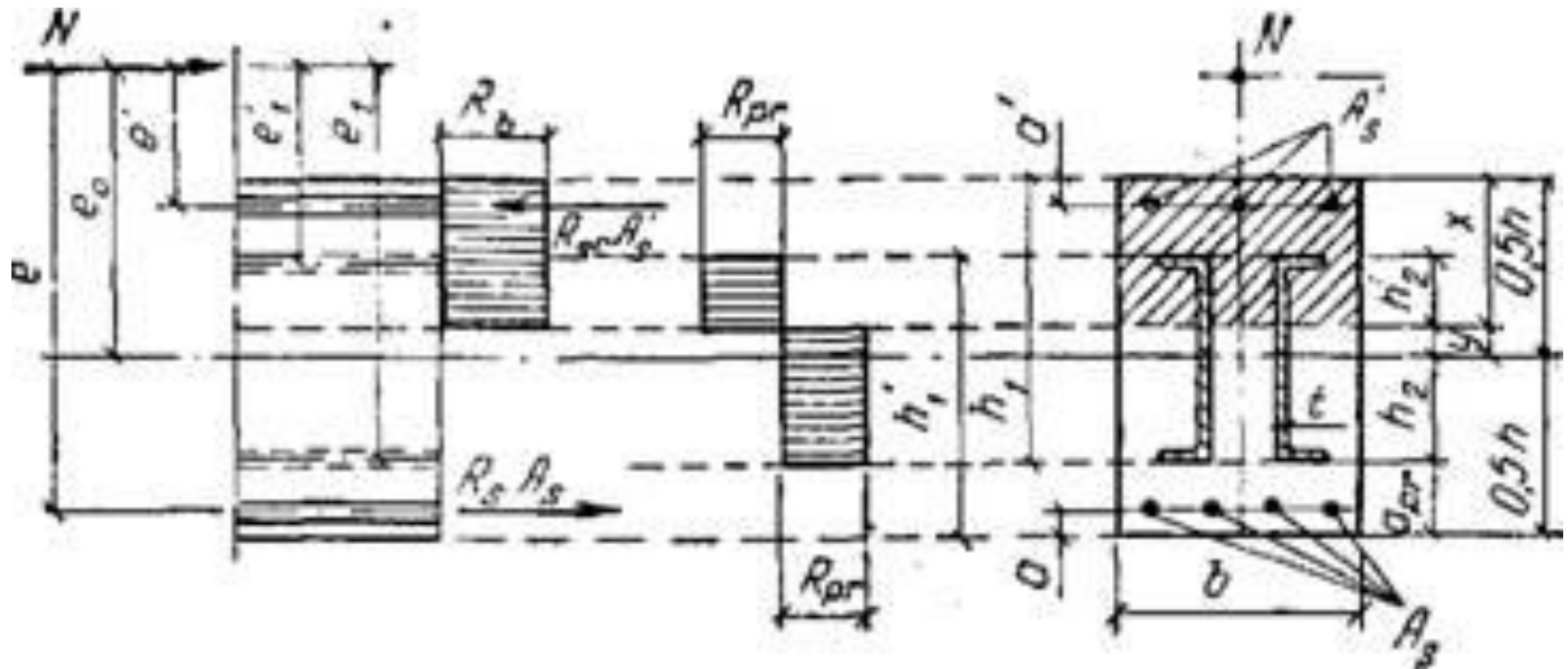
Несущую арматуру в виде сварных каркасов конструируют из круглой и мелкой фасонной стали, объединяя плоские сварные каркасы в пространственные устойчивые арматурные блоки (слайд 11).

При этом основные продольные стержни раскрепляют поперечными и наклонными стержнями (слайд 10, б, в) не реже чем через  $20d$  (все сварные швы должны быть двусторонними), а дополнительные круглые стержни не реже чем через  $15d$  приваривают к решетке несущего каркаса (слайд 10, а) или укрепляют дополнительными хомутами.

Несущую арматуру рассчитывают по нормам проектирования стальных конструкций на нагрузки, **возможные в период возведения сооружения до отвердения бетона** (учитываемые как особо кратковременные нагрузки).

На последующие нагрузки бетон работает совместно с несущей арматурой. **Полная эксплуатационная нагрузка на сооружение может быть передана лишь тогда, когда бетон достигает проектной прочности.** На полную расчетную нагрузку железобетонную конструкцию с несущей арматурой рассчитывают как обычно с учетом сечения всей несущей и дополнительной гибкой арматуры.

К расчету внецентренно сжатых элементов с жесткой арматурой -  
стенки стального профиля пересечены границей сжатой зоны



Экспериментальные исследования показали, что в правильно запроектированных конструкциях жесткая арматура:

может работать совместно с бетоном вплоть до разрушения; напряжение в ней достигает предела текучести;

начальные напряжения, возникающие в несущей арматуре в процессе возведения, не снижают конечной прочности железобетонного элемента.

При расчете внецентренно сжатых элементов с жесткой арматурой площадь сечения бетона сжатой зоны принимают за вычетом площади, занятой арматурой, что равносильно снижению расчетного сопротивления жесткой арматуры этой зоны до значения:

$$R_s - R_b.$$

Внецентренно сжатые элементы с жесткой арматурой из профилей, стенки которых расположены параллельно плоскости изгиба и занимают значительную часть высоты сечения элемента (слайд 14). При этом в случае применения жесткой арматуры из стали, обладающей физическим пределом текучести, можно считать, что во всем сечении жесткой арматуры (в том числе и в стенках профилей) напряжения постоянны и равны расчетному сопротивлению  $R_s$ , как показано на слайде 14