

**Анализ различных способов армирования монолитных  
железобетонных дисков перекрытий в зоне опирания  
на колонны**

Козловский Е.А.

(Научный руководитель – Пецольд Т.М.)

Белорусский национальный технический университет,  
Минск, Беларусь

**Введение**

В настоящее время большое количество жилых и общественных зданий в нашей республике возводится из монолитного железобетона. Эта технология имеет некоторые особенности связанные с конструированием несущих узлов и элементов. Особенно остро стоит здесь проблема с расчетом и конструирование стыка монолитного диска перекрытия и колонны.

Конструкция безбалочных перекрытий была запатентована в США в 1902 году. Первое здание в России с такими перекрытиями было построено в Москве в 1908 году, под руководством профессора А.Ф. Лолейта.

Основные принципы конструирования перекрытий с капителями были сформулированы ещё до 50-х годов XX века. Среди множества предложений наиболее интересным можно назвать так называемый «КУБ» (каркас унифицированный безбалочный), разработанный коллективом инженеров НИИЖБ в Москве. Однако ни одна из разработок не вышла в массовую серию. В СССР без балочные перекрытия массово применялись только на строительстве промзданий. При этом использовалась сборно-монолитная технология возведения.

В настоящей работе произведено исследование различных вариантов армирования монолитного диска перекрытия в зоне их опирания на колонны.

**Классификация распределительных систем**

Распределительные системы можно классифицировать по следующим признакам:

- Согласно применяемым материалам – с применением жёсткой арматуры и без неё.
- Согласно схеме армирования – направленные и ненаправленные.
- По схеме расположения дополнительной поперечной арматуры – с дополнительным поперечным армированием в радиальном направлении и дополнительным балочным армированием.

### Основные виды распределительных систем

- Элементы с жёсткой арматурой в виде прокатных профилей. Для лучшего сцепления с бетоном к таким элементам дополнительно приваривается сетка по нижней поверхности и арматура по верхним полкам для обеспечения совместности работы прокатного профиля и бетона. Прокатный профиль никогда не следует использовать без усиления приопорной зоны продольным сеточным армированием, установленным как по верхнему, так и по нижнему поясу. Это связано с тем, что несущая способность жёсткой арматуры в разы выше, чем тот же показатель регулярного армирования плиты с учётом работы бетона. Большие перепады несущей способности в приопорной зоне крайне не желательны и могут привести к потере сплошности плиты вследствие среза по контуру прокатного профиля (табл. 1, поз. 2).

- Единичные или сгруппированные вертикальные стержни, (табл. 1, поз. 1, 3, 4) очень удобны при монтаже и экономичны (за исключение варианта отдельных стержней), не требуют дополнительного усиления приопорной зоны, тем самым существенно снижая материалоемкость стыка. Однако в этих вариантах присутствуют заводские сварные соединения, что приводит к их удорожанию. Существует еще один нюанс: согласно СНБ 5.03.01-02 загиб арматуры допускается в стержнях  $\varnothing \leq 12$ , что ведет к ограничению использования сортамента арматуры для вариантов армирования «змейками» и отдельными стержнями.

- Хомуты. Довольно материалоемкий вариант, не очень удобный при монтаже. Так же имеет ограничение по использованию сортамента арматуры до  $\varnothing \leq 12$  (табл. 1, поз. 5).

- Плоские каркасы. Очень экономичный вариант, особенно если их располагать в радиальном направлении, с учетом зон продавливания, однако здесь присутствуют сварные соединения (табл. 1, поз. 5).

• Пространственные каркасы. Обладают теми же недостатками и достоинствами, что и плоские, однако более удобны при монтаже (табл. 1, поз. 7).

Был выполнен расчет и конструирование шести вариантов узлов опирания диска перекрытия на колонну монолитного железобетонного безбалочного безкапительного перекрытия.

I прямоугольная колонна среднего ряда

Бетона класса  $C^{20}/_{25}$ , арматура класса S400,  $V_{sd} = 400$  кН,  $h_{плиты} = 220$  мм,  $a_{колонны} = 400$  мм,  $b_{колонны} = 400$  мм.

II круглая колонна среднего ряда

Бетона класса  $C^{20}/_{25}$ , арматура класса S500,  $V_{sd} = 350$  кН,  $h_{плиты} = 200$  мм,  $D_{колонны} = 400$  мм.

III прямоугольная колонна крайнего ряда

Бетона класса  $C^{30}/_{37}$ , арматура класса S500,  $V_{sd} = 350$  кН,  $h_{плиты} = 220$  мм,  $a_{колонны} = 400$  мм,  $b_{колонны} = 600$  мм.

IV прямоугольная колонна угловая

Бетона класса  $C^{35}/_{45}$ , арматура класса S400,  $V_{sd} = 450$  кН,  $h_{плиты} = 230$  мм,  $a_{колонны} = 400$  мм,  $b_{колонны} = 600$  мм.

V круглая колонна крайнего ряда

Бетона класса  $C^{40}/_{50}$ , арматура класса S500,  $V_{sd} = 250$  кН,  $h_{плиты} = 200$  мм,  $D_{колонны} = 400$  мм.

VI круглая колонна угловая

Бетона класса  $C^{45}/_{55}$ , арматура класса S500,  $V_{sd} = 170$  кН,  $h_{плиты} = 200$  мм,  $D_{колонны} = 350$  мм.

Варианты армирования были приняты следующие: гнутые стержни – «змейки» (табл. 1, поз. 1), жёсткая арматура – швеллера (табл. 1, поз. 2), стержни с высаженными головками (табл. 1, поз. 3), отдельные стержни (табл. 1, поз. 4), хомуты (табл. 1, поз. 5), плоские каркасы (табл. 1, поз. 6), и пространственные каркасы (табл. 1, поз. 7).

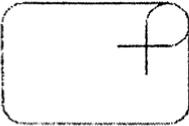
Расчеты и конструирование были выполнены согласно СНБ 5.03.01-02.

Был произведен сравнительный анализ расхода арматуры на каждый из вариантов армирования при их одинаковой несущей способности. Учитывался только расход арматуры распределительных систем. Расход продольного армирования усиления места стыка не учитывался.

Результаты этого анализа представлены в таблице 1. Для сравнения принят расход арматуры при армировании гнутыми стержнями – «змейками».

Таблица 1

Результаты анализа

Поз.	Распределительная система	Доля расхода арматуры при расчете №:						$\Sigma/n$
		I	II	III	IV	V	VI	
1		1	1	1	1	1	1	1
2		2,15	1,26	1,92	4,61	1,32	3,94	2,53
3		0,63	0,77	0,62	0,72	0,72	0,7	0,69
4		1,41	1,2	1,27	1,34	1,08	1,74	1,34
5		3,35	1,47	2,56	5,21	2,35	4,48	3,24
6		0,89	1,01	0,85	1,04	0,94	0,94	0,94
7		0,8	1,11	0,99	1,25	1,04	0,95	1,02

## Выводы

- Самыми экономичным вариантами армирования оказались: стержни с высаженными головками (табл. 1, поз. 3), гнутые стержни – «змейки» (табл. 1, поз. 1), плоские каркасы (табл. 1, поз. 6) и пространственные каркасы (табл. 1, поз. 7)
- Самым неэкономичным вариантом оказался вариант армирования жесткой арматурой (табл. 1, поз. 2) и хомутами (табл. 1, поз. 5).
- Сравнивались различные варианты армирования узлов, лишь по расходу поперечной арматуры, без учета продольного армирования, что в случае с применением жесткой арматуры существенно увеличило бы расход металла.
- В стоимость строительства входит не только стоимость металла, а также стоимость производства изделия и их монтажа. Исходя из этой позиции стержни с высаженными головками (табл. 1, поз. 3) – менее экономичны, а установка отдельных стержней (табл. 1, поз. 4) и хомутов (табл. 1, поз. 5) усложняет монтаж, что ведет к существенному удорожанию стыка.
- Самым экономичным вариантом, с учетом всех аспектов, является вариант армирования гнутыми стержнями – «змейками» (табл. 1, поз. 1).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Национальный комплекс нормативно-технических документов в строительстве. Строительные нормы Республики Беларусь. Бетонные и железобетонные конструкции: СНБ 5.03.01-02. Введен 01.07.03. – Минск, Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2003. – 140 с.
2. Тамкович, С.Ю. Уточнение значений индексов надежности элементов из тяжелого бетона без поперечной арматуры при местном срезе с помощью расширенного банка экспериментальных данных / С.Ю. Тамкович // Вопросы внедрения норм проектирования и стандартов Европейского союза в области строительства / БНТУ; – Минск: БНТУ, 2012. – ч. 1. – с. 117–129.
3. Тур В.В., Кондрагчик А.А. Расчёт железобетонных конструкций при действии перерезывающих сил: монография. - Брест: изд. БГТУ, 2000. – 400 с.: ил.

4. Ивянский А.М. Железобетонные конструкции: учеб. для вузов / Ивянский А.М. – М.: Государственное издательство сельскохозяйственной литературы, журналов и плакатов, 1961. – 400 с.: ил., табл. + прил.
5. Мурашев В.И. Железобетонные конструкции: Общий курс: учеб. для вузов по спец. «Промышленное и гражданское строительство» / Мурашев В.И., Сигалов Э.Е., Байков В.Н.; под ред. П.Л. Пастернака – М.: Госстройиздат, 1962. – 659 с.: ил.
6. Руководство по расчёту статически неопределимых железобетонных конструкций с безбалочными перекрытиями, – М., Стройиздат 1975, –32 с.
7. Руководство по проектированию железобетонных конструкций с безбалочными перекрытиями, – М.: Стройиздат 1979, – 54 с.
8. Залесов А.С. Расчёт прочности железобетонных элементов при действии поперечных сил и кручении// Бетон и железобетон. – 1976, №6 – с. 22-24
9. Залесов А.С., Климов Ю.А. Прочность железобетонных конструкций при действии поперечных сил. Киев, Будевельник, 1989. – 104 с.
10. Строительные нормы и правила. Бетонные и железобетонные конструкции: СНиП 2.03.01-84\*. Введен 01.01.1986. – М., Госстрой СССР, 1986. – 80 с.
11. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций их тяжёлых и лёгких бетонов без предварительного напряжения (к СНиП 2.03.01 - 84). М.: Госстрой СССР – 1989. – 312 с.
12. Бондаренко В.М., Бакиров Р.О., Назаренко В.Г., Римшин В.И. Железобетонные и каменные конструкции: учеб. для строит. спец. Вузов. – 3-е изд., исправл. – М.: Высш. шк., 2004. – 876 с.: ил.