

## ПОИСК ОПТИМАЛЬНОЙ СХЕМЫ АРМИРОВАНИЯ БАЛКИ ПУТЁМ АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ

*Заварзин Иван Вадимович, студент 2-го курса  
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Чернявская С.В., канд. физ.-мат. наук, доцент)*

Бетон – один из самых распространённых строительных материалов на данный момент. Он, как и любой другой искусственный камень, обладает хорошей прочностью на сжатие, высокой устойчивостью к истиранию и коррозии. Однако, этих качеств не всегда достаточно, в особенности учитывая то, насколько широка область применения этого материала.

Именно поэтому «чистый» бетон на данный момент применяется не часто: для улучшения его свойств применяются всяческие добавки, а также армирующие конструкции, о которых и пойдёт речь далее. Для армирования применяются различные материалы и технологии, однако суть его не изменна – необходимо создать внутри бетонной конструкции каркас, способный поддерживать бетон и обеспечивать прочность конструкции в тех направлениях, в которых он не эффективен.

Существует множество различных схем армирования, и найти среди них ту, которая будет лучше всего соответствовать нашим задачам, непросто. В данной работе мы попробуем найти решение данной проблемы. Для этого воспользуемся данными, полученными в результате лабораторных испытаний: (Табл. 1)

Таблица 1 – Результаты лабораторных испытаний

| Схема армирования: | Нагрузка: | Прогиб в центре балки: | Ширина раскрытия трещин: | Перечень арматуры:             |
|--------------------|-----------|------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| Схема №1           | 1000 кг   | 1,37 мм                | 0,01 мм                  | Ø12: 14750 мм<br>Ø10: 34280 мм |
| Схема №2           | 1000 кг   | 5,4 мм                 | 0,4 мм                   | Ø8: 47450 мм                   |
| Схема №3           | 1000 кг   | 2 мм                   | 0,1 мм                   | Ø6: 60640 мм                   |
| Схема №4           | 1000 кг   | 4,4 мм                 | 0,6 мм                   | Ø8: 5900 мм<br>Ø6: 63600 мм    |

Основными критериями сравнения будут выступать: прогиб в центре балки, ширина раскрытия трещин и объём израсходованной арматуры (который непосредственно влияет на итоговую стоимость). Испытуемые балки изготовлены из тяжёлого бетона марки В20, для армирования применялась композитная арматура.

Учитывая тот факт, что применяемая арматура имеет одинаковый состав и производителя, и отличается только размером поперечного сечения, можно считать, что стоимость изготовления каждой балки будет прямо пропорциональна общему объёму всей применяемой в ней арматуры. При этом, объём бетона многократно превышает объём, занимаемый арматурой, в связи с чем разница в расходе бетона между балками с разными схемами армирования пренебрежимо мала. Соответственно, стоимость бетона для каждой балки примерно равна и в расчёте не учитывается.

Схемы армирования выглядят следующим образом: (Табл. 2).

Таблица 2 – Схемы армирования испытуемых балок

|                      |  |
|----------------------|--|
| Схема армирования №1 |  |
|                      |  |
| Схема армирования №2 |  |
|                      |  |
| Схема армирования №3 |  |

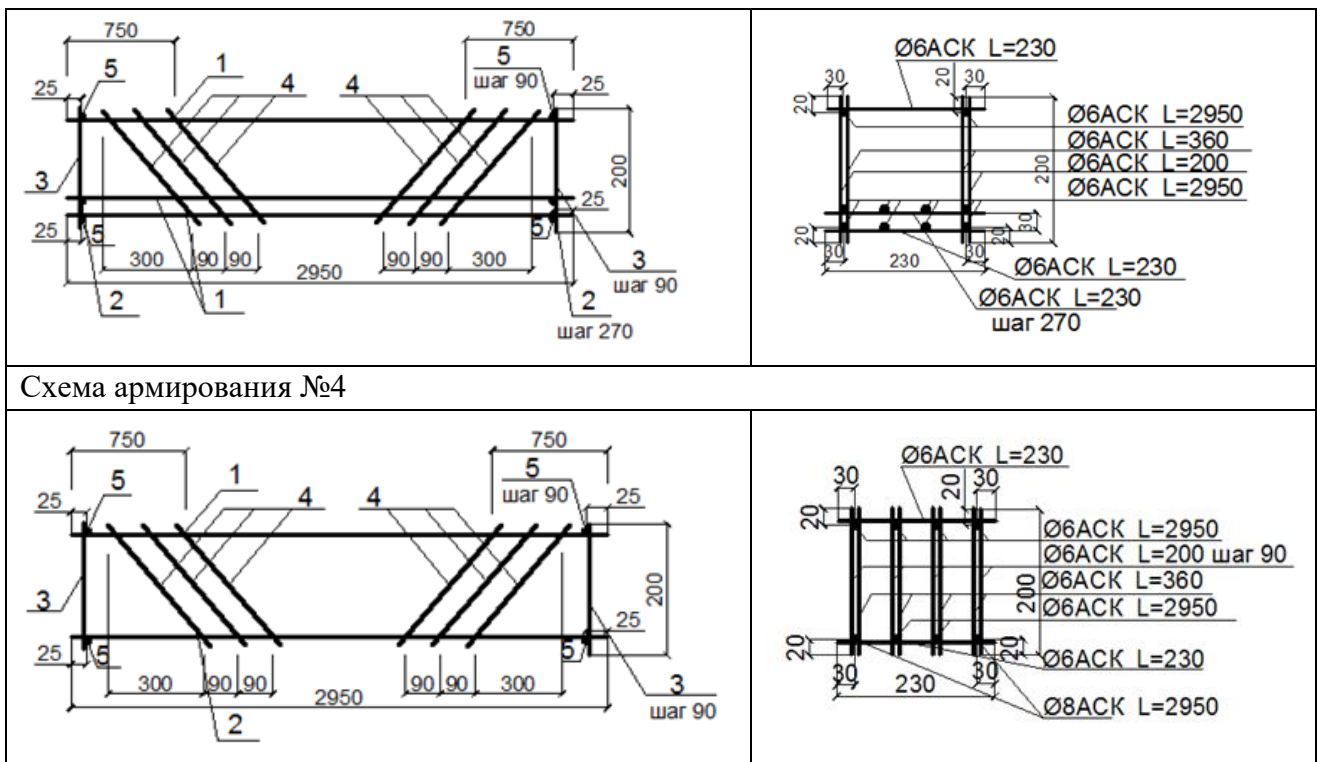


Схема армирования №4

С учётом всего вышесказанного, приступим к расчётам: (Табл. 3)

Таблица 3 – Расчёт эффективности схемы армирования при работе на изгиб

|                             |                             |  |                             |
|-----------------------------|-----------------------------|--|-----------------------------|
| $V = \frac{\pi h d^2}{4}$   |                             | V – объём арматуры (см <sup>3</sup> )<br>h – длина арматуры (см)<br>d – диаметр поперечного сечения (см)   |                             |
| Объём арматуры для схемы №1 | Объём арматуры для схемы №2 | Объём арматуры для схемы №3  | Объём арматуры для схемы №4 |
| V1 = 1667 + 2691 = 4358     | V2 = 2384                   | V3 = 1714  | V4 = 296 + 1797 = 2093      |
| $e = \frac{P}{faV}$         |                             | V – объём арматуры (см <sup>3</sup> )<br>f – прогиб балки (мм)<br>a – ширина раскрытия трещин (мм)<br>P – нагрузка (кг)<br>e – эффективность схемы |                             |
| Эффективность схемы №1      | Эффективность схемы №2      | Эффективность схемы №3   | Эффективность схемы №4      |
| e 1 = 16,75                 | e 2 = 0,19                  | e 3 = 2,92   | e 4 = 0,18                  |

По результатам расчётов видим, что схема под номером 1 обладает наибольшей эффективностью (16,75), что также подтверждается результатами испытаний – балка, в которой применялась данная схема армирования, выдержала наибольшую среди всех испытываемых балок нагрузку – 3000 кг. На втором по эффективности месте оказалась схема под номером 3 – 2000 кг. Схемы

2 и 4 имеют примерно одинаковую эффективность, и разница между перенесёнными ими нагрузками составляет всего 500 кг (1500 и 1000 кг соответственно).

Также стоит отметить, что прямой зависимости между объёмом арматуры и прочностью балки не выявлено (так, схемы №2 и №4 содержат больше арматуры и, соответственно, стоят дороже, чем схема №3, однако выдерживают ощутимо меньшую нагрузку, чем она). Большее значение в данном вопросе играет не количество армирующих стержней, а их правильное расположение внутри балки (а именно – в её растянутой зоне).

Таким образом можно сказать, что результаты наших расчётов вполне соотносятся с результатами опытных испытаний, а значит данный метод сравнения схем армирования может применяться и для решения конкретных задач при проектировании сооружений и конструкций. При желании, его можно адаптировать и для других задач (для расчёта на излом или кручение).

#### Литература:

1. Сравнительная оценка результатов испытаний бетонных балок с композитной арматурой и расчетных данных / Н.В. Бегунова [и др.] // Наука и техника. – 2019. – Т. 18, №2. – С. 115-163.