

**Кортунов Александр Игоревич**

магистрант

Архитектурно-строительный институт  
ФГБОУ ВО «Самарский государственный  
технический университет»  
г. Самара, Самарская область

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОДОЛЬНОГО АРМИРОВАНИЯ НА ПРОЧНОСТЬ НАКЛОННЫХ СЕЧЕНИЙ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

*Аннотация: в данной статье представлена методика испытаний железобетонных балок на действие поперечных сил. Автором приведена конструкция опытных образцов и результаты испытаний. Анализ экспериментальных данных показал влияние продольного армирования на прочность наклонных сечений балок.*

*Ключевые слова: продольное армирование, наклонное сечение, процент армирования.*

Несущая способность изгибаемых железобетонных элементов по наклонным сечениям определяется такими параметрами, как: высота сечения элемента, процент продольного армирования, размер крупного заполнителя бетонной смеси и др. Проведенный в [4; 5] анализ расчетных зависимостей, принятых в нормах проектирования [1] при расчете прочности наклонных сечений, показал, что они не учитывают перечисленные выше факторы, которые, по результатам экспериментальных исследований [3; 8] оказывают значительное влияние на прочность наклонных сечений железобетонных балок без поперечной арматуры.

С целью совершенствования нормативной методики расчета прочности при поперечном изгибе в работах [2; 6; 7] была предложена расчетная модель, которая позволяет учесть влияние перечисленных выше параметров расчетного сечения.

Для изучения предложенной расчётной модели проведено экспериментальное исследование на опытных образцах. Образцы представляли собой железобетонные балки прямоугольного поперечного сечения  $h = 450$  мм,  $b = 200$  мм и расчетным пролетом  $l = 2000$  мм. Образцы отличались процентом продольного армирования (0,95, 1,54, 2,54), использовались арматура диаметром 22 мм, 28 мм и 36 мм, соответственно. Армирование балок состояло из двух стержней продольной арматуры, приваренных на опорах к анкерам – уголкам №10. Анкеровка производилась для предотвращения продергивания стержней. Поперечное армирование в балках отсутствовало.

Для измерения деформаций бетона и арматуры, на их поверхность были наклеены тензометрические датчики, показания которых фиксировались с помощью тензометрического комплекса. Испытания опытных образцов производились по схеме однопролетной шарнирно-опертой балки, загруженной сосредоточенными силами с величиной относительного пролета среза равной  $2h_0$ .

При испытании образца с процентом продольного армирования 0,95 первыми образовались нормальные трещины, шириной раскрытия  $a_{crc} = 0,05$  мм, при нагрузке  $P = 0,4P_{ult}$ . В процессе нагружения нормальные трещины раскрывались незначительно и при разрушении балки ширина их раскрытия составляла порядка 0,2 мм. Образование наклонных трещин началось при нагрузке  $P = 0,75P_{ult}$ . Трещины развивались по высоте балки к сечению под силой, ширина их раскрытия составляла 0,7 мм. Опытный образец разрушился при нагрузке  $P_{ult} = 284,5$  кН. Разрушение произошло по наклонному сечению от действия перерезывающей силы и имело хрупкий характер.

При испытании образца с процентом продольного армирования 1,54 образование нормальных трещин началось при нагрузке  $P = 0,32P_{ult}$ . Ширина раскрытия трещин составляла  $a_{crc} = 0,05$  мм. В процессе нагружения нормальные трещины раскрывались незначительно, и при разрушении балки ширина их раскрытия составляла порядка 0,2 мм. Наклонные трещины образовались в зоне поперечного изгиба сначала как нормальные при  $P = 0,43P_{ult}$ . При нагрузке  $P = 0,51P_{ult}$

трещины развивались по высоте балки к сечению под силой, ширина их раскрытия составляла 0,5 мм. При дальнейшем нагружении вершины наклонных трещин заходили в зону чистого изгиба балки. Опытный образец разрушился при нагрузке  $P_{ult} = 461,1$  кН. Разрушение образца произошло по наклонному сечению от действия перерезывающих сил, вследствие среза сжатой зоны над наклонной трещиной.

При испытании образца с процентом продольного армирования 2,54 образование нормальных трещин, шириной раскрытия  $a_{crc} = 0,03$  мм, началось при нагрузке  $P = 0,23P_{ult}$ . При нагрузке  $P = 0,56P_{ult}$  начали образовываться наклонные трещины, ширина их раскрытия составляла 0,5 мм. Трещины образовались почти одновременно с обеих сторон балки. При дальнейшем нагружении трещины со стороны левого пролета раскрывались интенсивнее. Опытный образец разрушился при нагрузке  $P_{ult} = 510,1$  кН из-за недостаточной анкеровки арматуры на опоре. Разрушение образца произошло от действия изгибающего момента, вследствие продергивания арматуры и раздробления бетона в зоне анкерующего уголка.

Результаты экспериментального исследования показывают, что с увеличением процента продольного армирования балки прочность наклонного сечения изгибаемого элемента увеличивается. При проценте продольного армирования более 1 и величине относительного пролета среза  $2h_0$  наблюдается значительное превышение опытных значений разрушающей нагрузки над расчетными величинами, определенными по методике [1].

### ***Список литературы***

1. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. – ФЦС. – М., 2012. – 162 с.
2. Filatov V.B. Research of the stress condition of the normal section of reinforced concrete elements using nonlinear deformation model [Text] / V.B. Filatov, A.A. Suvorov // Procedia Engineering. – 2016. – Vol. 153. – P. 144–150. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.08.094

3. Филатов В.Б. Особенности работы и эффективное использование жесткой поперечной арматуры железобетонных балок [Текст] / В.Б. Филатов, Ю.В. Жильцов // Известия Самарского научного центра РАН. – 2012. – Т. 14. – №4 (5). – С. 1325–1328.
4. Филатов В.Б. Анализ расчетных моделей при расчете прочности наклонных сечений железобетонных балок на действие поперечных сил [Текст] / В.Б. Филатов, А.С. Арцыбасов, М.А. Багаутдинов, Д.И. Гордеев, А.И. Кортунов, Р.А. Никитин // Известия Самарского научного центра РАН. – 2014. – Т. 16. – №4 (3). – С. 642–645.
5. Филатов В.Б. Анализ влияния конструктивных параметров на прочность железобетонных плит при продавливании [Текст] / В.Б. Филатов, Е.П. Бубнов, А.К. Алексеев, М.А. Брусков, З.Ш. Галяутдинов, А.Г. Пройдин // Известия Самарского научного центра РАН. – 2014. – Т. 16. – №4 (3). – С. 646–649.
6. Филатов В.Б. Расчетная модель наклонного сечения железобетонной балки с учетом сил зацепления в наклонной трещине [Текст] / В.Б. Филатов, Е.В. Блинкова // Промышленное и гражданское строительство. – 2014. – №3. – С. 39–42.
7. Филатов В.Б. Расчет прочности наклонных сечений изгибаемых железобетонных элементов с учетом сил зацепления в наклонной трещине [Текст] / В.Б. Филатов // Бетон и железобетон – взгляд в будущее: научные труды III Всероссийской (II Международной) конференции по бетону и железобетону: В 7 т. Т. 1. – М.: МГСУ. – 2014. – С. 389–396.
8. Филатов В.Б. Сравнительная оценка прочности железобетонных элементов при поперечном изгибе по различным методикам [Текст] / В.Б. Филатов // Современные проблемы расчета железобетонных конструкций, зданий и сооружений на аварийные воздействия: Сборник докладов Международной научной конференции. – М.: НИУ МГСУ. – 2016. – С. 484–488.