

**Никитин Роман Анатольевич**

магистрант

Архитектурно-строительный институт

ФГБОУ ВО «Самарский государственный

технический университет»

г. Самара, Самарская область

## **ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК В ЗОНЕ ПОПЕРЕЧНОГО ИЗГИБА ПРИ МАЛОМ ПРОЦЕНТЕ АРМИРОВАНИЯ**

*Аннотация: в данной статье представлены результаты испытаний железобетонных балок при малом проценте продольного армирования. Автором описана методика проведения испытаний и конструкция опытных образцов. Произведен анализ экспериментальных данных о трещинообразовании и прочности опытных образцов.*

*Ключевые слова: железобетон, наклонное сечение, пролет среза, процент армирования.*

В проектировании железобетонных конструкций необходимо совершенствование нормативных методов расчета железобетона, в частности, расчета прочности наклонных сечений на действие поперечных сил [1]. Это возможно на основе проведения экспериментальных исследований [3], поскольку сложность напряженно-деформированного состояния при поперечном изгибе и свойства железобетона как упруго-пластического материала с нарушенной сплошностью не позволяют использовать классические методы теории упругости в рамках теоретического подхода к оценке прочности и деформативности балки [4; 5; 8].

Одним из возможных подходов к оценке прочности железобетонной балки при поперечном изгибе является расчетная модель, предложенная авторами [6; 7]. Компоненты, входящие в условие прочности наклонного сечения, такие как касательное усилие в бетоне сжатой зоны в конце наклонной трещины, касательное усилие в продольной растянутой арматуре в начале наклонной трещины, вертикальная составляющая усилия зацепления по длине наклонной трещины,

определяются в зависимости от деформаций арматуры и бетона, геометрических параметров конструкции и характера трещинообразования, а также физико-механических свойств материалов [2].

Для экспериментального исследования данных характеристик были испытаны три образца железобетонных балок. Опытные образцы представляли собой балки с прямоугольным поперечным сечением высотой  $h = 450$  мм и шириной  $b = 200$  мм. Балки армировались сварным каркасом, состоящим из двух стержней продольной рабочей арматуры класса А500. Процент армирования сечения составлял 0,95%. Поперечная арматура в балках отсутствовала.

С целью изучения напряженно-деформированного состояния бетона и арматуры, на их поверхность были наклеены тензометрические датчики, показания которых фиксировались с помощью тензометрической станции. Испытания образцов производились по схеме, представляющей собой шарнирно-опертую однопролетную балку с расчетным пролетом  $l = 2000$  мм, нагруженную сосредоточенной силой в середине пролета (пролет среза  $2,5 h_0$ ) и двумя сосредоточенными силами, приложенными в пролете (пролет среза  $2 h_0$  и  $1,5 h_0$ ). При проведении экспериментальных исследований определялись физико-механические характеристики материалов – бетона и арматуры, путем испытания опытных образцов.

При испытании образца с пролетом среза  $1,5h_0$  на каждом этапе нагружения фиксировалась схема образования трещин. Первые нормальные трещины шириной раскрытия  $acrc = 0,05$  мм начали образовываться при нагрузке 0,2Pult. При нагрузке 0,38Pult образовалась критическая наклонная трещина в правом пролете среза балки шириной раскрытия  $acsc = 0,25$  мм, которая преимущественно и развивалась по мере нагружения образца. При нагрузке  $Pult = 667$  кН произошло разрушение образца по наклонному сечению вследствие среза и раздавливания бетона сжатой зоны над наклонной трещиной. Разрушение имело хрупкий характер.

При испытании образца с пролетом среза  $2h_0$  также на каждом этапе нагружения фиксировалась схема образования трещин. Образование наклонных трещин началось при нагрузке  $P = 0,65Pult$ . Первоначально трещина образовалась

со стороны правой опоры и продолжила развиваться с увеличением нагрузки. Затем наклонная трещина образовалась и со стороны левой опоры. Трещины развивались по высоте балки к сечению под силой, ширина их раскрытия составляла 0,7 мм. Опытный образец разрушился при нагрузке  $P_{ult} = 284$  кН. Разрушение произошло по наклонному сечению от действия перерезывающих сил и имело хрупкий характер.

При испытании образца с пролетом среза  $2,5h_0$  первые нормальные трещины шириной раскрытия  $ac_{rc} = 0,05$  мм образовались при нагрузке 0,52  $P_{ult}$ . При нагрузке  $P_{ult} = 186$  кН в правом пролете среза образовалась наклонная трещина шириной раскрытия  $ac_{rc} = 1$  мм. После выдержки под нагрузкой образовалась наклонная трещина в левом пролете среза, ширина раскрытия трещин резко выросла, и образец разрушился при нагрузке  $P_{ult} = 186$  кН. Разрушение произошло по наклонному сечению вследствие среза сжатой зоны бетона и имело хрупкий характер.

### *Выводы*

1. Величина пролета среза является фактором, влияющим на относительное усилие образования нормальных и наклонных трещин, которое увеличивается пропорционально росту *относительного* пролета среза.
2. При увеличении относительного пролета среза увеличивается сходимость относительных величин трещинообразования и прочности по наклонному сечению. Для балки с пролетом среза  $2,5h_0$  эти величины совпадают. Прочность балок снижается при увеличении пролета среза.

### *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.