

УДК 624.07

**ВЛИЯНИЕ ФИБРОВОГО АРМИРОВАНИЯ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ  
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК ПРИ ДЕЙСТВИИ ПОПЕРЕЧНЫХ СИЛ**

***Зернов Владимир Викторович,***

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,  
г.Пенза,*

*кандидат технических наук, доцент кафедры «Механика».*

***Подшивалова Кристина Сергеевна,***

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,  
г.Пенза,*

*кандидат технических наук, доцент кафедры «Организация и безопасность  
движения».*

**Аннотация**

Проведены экспериментальные исследования влияния послойного фибрового армирования на сопротивление железобетонных балок по наклонному сечению. Установлено, что видимое обрушение сжатой зоны является результатом неспособности продольной арматуры воспринимать нагельную силу.

**Ключевые слова:** фибра, наклонное сечение, прочность, балка.

**THE INFLUENCE OF FIBER REINFORCEMENT ON THE RESISTANCE  
OF REINFORCED CONCRETE BEAMS UNDER THE ACTION OF SHEAR  
FORCES**

***Zernov Vladimir Viktorovich,***

*Penza State University of Architecture and Construction, Penza,*

*Candidate of Sciences, Associate Professor of the department “Mechanics”.*

***Podshivalova Kristina Sergeevna,***

*Penza State University of Architecture and Construction, Penza,*

*Candidate of Sciences, Associate Professor of the department "Organization and traffic safety".*

## **Abstract**

Experimental studies of layer-by-layer effect of fiber reinforcement on the resistance of reinforced concrete beams in inclined section. It is established that the apparent collapse of a compacted zone is a result of the failure of the longitudinal reinforcement to perceive nagelneu force.

**Keywords:** fiber, the inclined cross-section, strength, beam.

По данным [1, 3], в опорном блоке железобетонных балок без поперечной арматуры, отделенном магистральной наклонной трещиной и нормальным сечением, проведенным через ее вершину, действуют вертикальные усилия в сжатой зоне, продольной арматуре и по берегам трещины. Для выбора критерия оценки прочности балки необходимо установить механизм изменения этих усилий. Ввиду сложного напряженного состояния сделать это пока не удалось.

В отечественных и большинстве зарубежных норм величиной поперечной силы в продольной арматуре и вертикальной составляющей сил зацепления пренебрегают; выдвигается гипотеза о зависимости несущей способности элемента только от прочности сжатой зоны. Однако непосредственная экспериментальная проверка этой гипотезы не производилась, а справедливость полученных зависимостей устанавливается по результатам испытаний балок, когда марка бетона изменяется не отдельно в сжатой зоне, а во всей балке по длине и высоте.

В данной статье проводятся результаты такой проверки. Для этого использовался сталефибробетон. Введение фибр в растворную матрицу позволяет несколько раз увеличить прочность материала на растяжение без увеличения его призмочной прочности в любой заранее выбранной зоне конструкции, что не удается сделать при использовании обычного бетона. Таким образом, появляется возможность непосредственной проверки принятого

в нормах механизма разрушения и оценки влияния прочности и податливости арматуры и сжатой зоны на несущую способность железобетонного элемента.

Программа исследований включала кратковременное испытание сосредоточенной нагрузкой пяти типов образцов с зонным фибровым армированием в возрасте 7 дней. Схема армирования балок и испытания представлена на рисунке 1. Дисперсное армирование фиброй (заштрихованная область на рисунке 1) составляло 1,4%. В качестве фибр использовались отрезки проволоки диаметром 0,32 мм с разрывным усилием 77 кг/мм<sup>2</sup>. Пролет среза при испытании составлял  $3,42h_0$ .

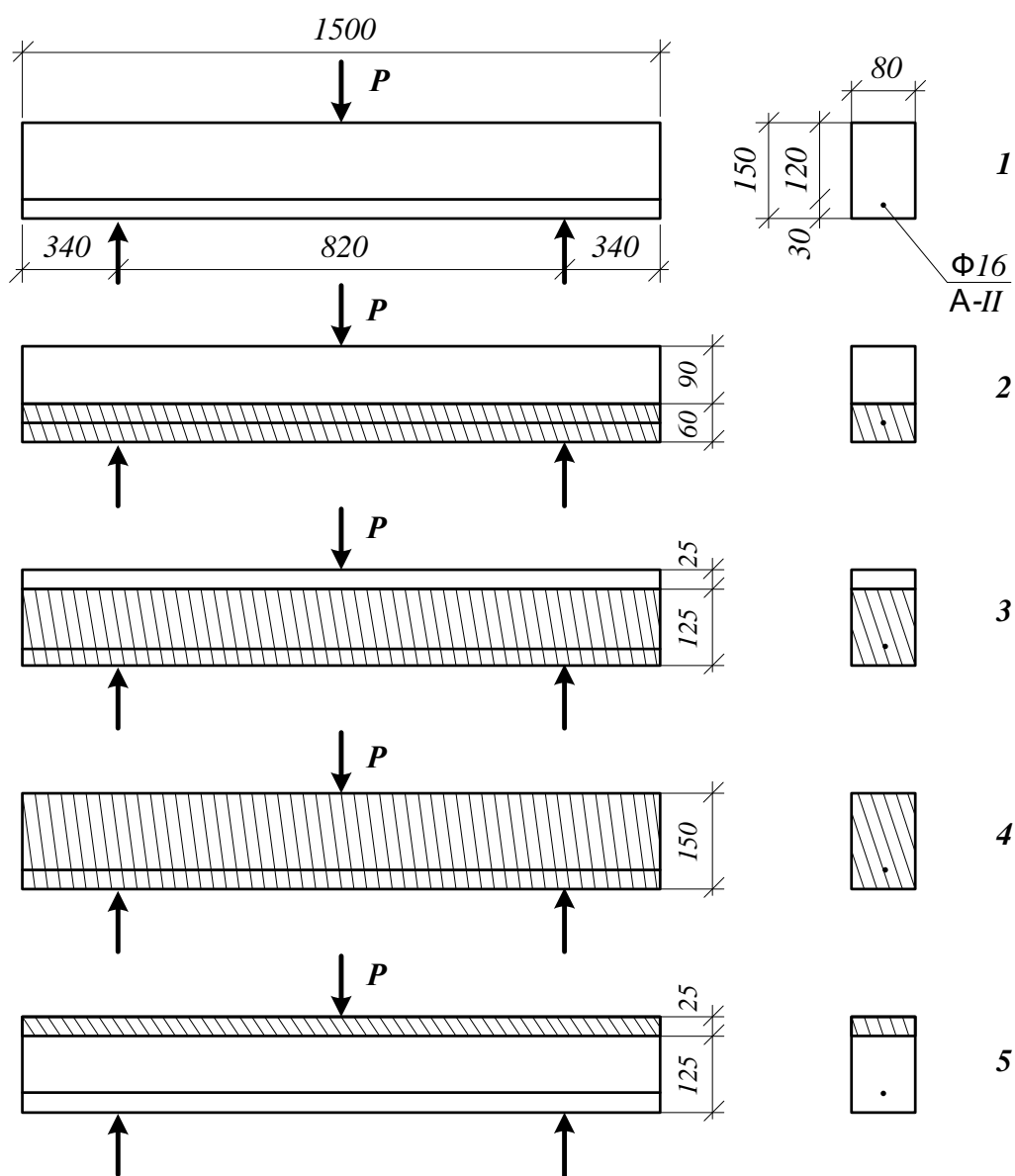


Рисунок 1 –Схема зонного армирования и испытания образцов

Основные результаты исследований приведены в таблице 1. Прочность материалов определялась согласно ГОСТ 10180-74 по испытаниям на раскалывание кубиков с ребром 10 см и призм размером 10×10×40 см.

Как показали экспериментальные исследования, введение фибр в нижнюю зону железобетонной балки приводит к увеличению несущей способности образца на 33,3%. Дополнительное дисперсное армирование на высоту 6,5 см в третьем типе балок повышает прочность еще на 15%. При изготовлении образцов полностью из фибробетона разрушающая нагрузка возросла на 57,2% по сравнению с балкой без фибрового армирования. Следовательно, армирование сжатой зоны увеличивало несущую способность элемента только на 8,9%, хотя одновременно прочность бетона на растяжение возросла на 55%. Подобный результат получен при испытании пятого типа образцов, когда зонное армирование фибра осуществлялось приблизительно на высоту сжатой зоны, которая в обычных балках составляла 1,3 – 1,6 см.

Таблица 1 – Результаты исследований

Тип образца	$R_p$ , кг/см <sup>2</sup>	$\frac{R_p - R_p^I}{R_p} 100\%$	$R_{np}$ , кг/см <sup>2</sup>	$\frac{R_{np} - R_{np}^I}{R_{np}} 100\%$	$P$ , т	$\frac{P - P^I}{P} 100\%$
1	11,1	–	138	–	1,6	–
2	20,0	44,5	152	9,3	2,4	33,3
1	10,8	–	147	–	1,5	–
3	22,4	52,8	163	9,8	2,9	48,3
1	8,5	–	110	–	1,2	–
4	19,3	55	141	22	2,8	57,2
1	12,9	–	162	–	2,0	–
5	28,2	54,2	185	12,5	2,1	4,8

Анализ проведенных экспериментальных исследований дает основание полагать, что преждевременное разрушение по наклонным сечениям (по сравнению с нормальными) наступает в результате увеличения нагельного

эффекта в продольной арматуре, а видимое обрушение сжатой зоны – следствие этого явления. Этим отчасти объясняется отсутствие значительного влияния сжатой арматуры на прочность по наклонным сечениям [1].

Если обратиться к схеме разрушения Кани [2], то согласно ей (рисунок 2) наклонные трещины, развиваясь по траекториям главных сжимающих напряжений, разделяют железобетонную балку на систему сжатых арок.

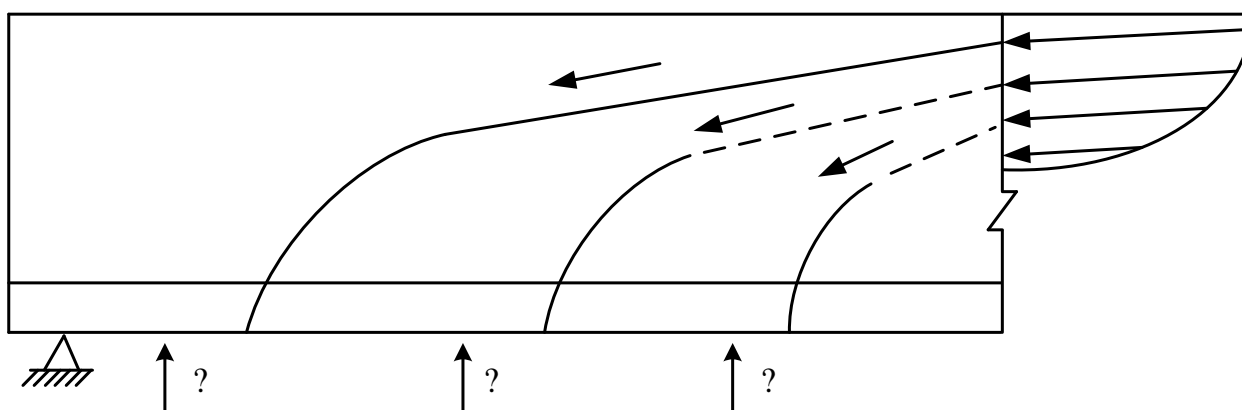


Рисунок 2 – Арочная модель разрушения

В результате их разной жесткости продольная арматура в пролете срезается подвергается внецентренному выдергиванию из бетона (нагельный эффект), что является причиной появления в нем продольных трещин вдоль стержня и трещин ответвления перед разрушением. В таком случае податливость арматуры будет определяться не только площадью продольного стержня, но и сопротивлением защитного слоя бетона отрыву (растяжению) и сдвигу.

Фибры, окружая арматуру, увеличивают прочность бетона на растяжение и улучшают условия ее анкеровки. Первая трещина появляется позже, поскольку надо преодолеть сопротивление защитного фибрового слоя. С другой стороны, фибры практически предотвращают появление продольных трещин. И то и другое способствует уменьшению податливости продольной арматуры, не говоря уже о том, что фибры, попадая в верхнюю часть, увеличивают силы зацепления на ее поверхности и препятствуют смещению арок относительно друг друга.

К сказанному следует добавить, что в четвертой серии образцов трещиностойкость по наклонным сечениям при ширине раскрытия трещин  $a_T=0,1$  мм с введением фибр увеличилась в 1,9 раза, а несущая способность – приблизительно в 2,3 раза.

#### **Библиографический список:**

1. The shear strength of Reinforced Concrete Members // Journal of the Structural division. 1973. Vol. 99. №ST6.

2. Kani G. N. A Rational theory for the function of Web Reinforcement // ACI Journal. 1969. Vol. 68.

3. Гвоздев А.А., Залесов А.С., Титов И.А. Силы зацепления в наклонных трещинах // Бетон и железобетон. 1975. № 7. С. 44-46.