

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2019, №1, Том 11 / 2019, No 1, Vol 11 <https://esj.today/issue-1-2019.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/77SAVN119.pdf>

Статья поступила в редакцию 14.02.2019; опубликована 05.04.2019

Ссылка для цитирования этой статьи:

Поликутин А.Э., Зябухин П.А., Офоркаджа Тео.О., Левченко А.В. Влияние фибрового армирования на деформативность изгибаемых элементов из каутона таврового профиля без продольного стержневого армирования // Вестник Евразийской науки, 2019 №1, <https://esj.today/PDF/77SAVN119.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

For citation:

Polikutin A.E., Zyabukhin P.A., Oforkaja Theo.O., Levchenko A.V. (2019). Influence of fiber reinforcement on the deformation of rubber concrete bending elements of a T-section without a longitudinal reinforcing bar. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 1(11). Available at: <https://esj.today/PDF/77SAVN119.pdf> (in Russian)

УДК 624.072.2.011.7: 678.7

Поликутин Алексей Эдуардович

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Россия
Доцент кафедры «Строительных конструкций, оснований и фундаментов им. профессора Ю.М. Борисова»
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: a.pl@mail.ru

Зябухин Павел Алексеевич

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Россия
Аспирант кафедры «Строительных конструкций, оснований и фундаментов им. профессора Ю.М. Борисова»
E-mail: aypavel@mail.ru

Офоркаджа Теофилус Оситадинма

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Россия
Аспирант кафедры «Строительных конструкций, оснований и фундаментов им. профессора Ю.М. Борисова»
E-mail: ositaoforkaja@yahoo.com

Левченко Артем Владимирович

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Россия
Аспирант кафедры «Строительных конструкций, оснований и фундаментов им. профессора Ю.М. Борисова»
E-mail: Alevchenko@vgasu.vrn.ru

Влияние фибрового армирования на деформативность изгибаемых элементов из каутона таврового профиля без продольного стержневого армирования

Аннотация. Представлены результаты исследований прочности, трещиностойкости и деформативности нормальных сечений изгибаемых элементов строительных конструкций, выполненных из эффективного, обладающего практически универсальной химической стойкостью полимербетона – каучукового бетона (каутона). С целью увеличения прочности, в том числе растянутой зоны конструкций, допускается использования, кроме традиционного стержневого армирования, фибрового армирования (полученное из отходов металлокорда шинного производства). Для изучения прочности, трещиностойкости и деформативности нормальных сечений были изготовлены балки таврового поперечного сечения из каутона, фиброкаутона и испытаны на чистый изгиб. Описана методика экспериментальных исследований изгибаемых элементов смешанного армирования.

Представлены результаты испытания балок на чистый изгиб. Установлено, что при добавлении фибрового армирования наблюдается увеличение значений разрушающего изгибающего момента до 10 %, момента образования трещин до 5 %, стоит отметить, что полка включаясь в работу, остается недогруженной, ввиду повышения несущей способности балки фибровым армирование, а также из-за депланации (искривления) сечения между полкой и ребром балки (деформации краев полки отстают от деформаций середины ребра). Следовательно, можно будет уменьшить толщину полки до образования равномерного распределения деформаций. Следует отметить, что в каутоновых балках с дисперсным армированием из фибры момент трещинообразования составлял около 95 % от разрушающего момента, в каутоновых балках без добавления фибрового армирования, ввиду быстрого раскрытия трещины, момент трещинообразования принимался за разрушающий момент. По результатам исследований Доказана возможность применения фибрового армирования каутоновых балок, как альтернатива стержневому.

Ключевые слова: каутон; фибра; балка; нормальные сечения; тавровое сечение; прочность; трещиностойкость; деформативность; нормальные напряжения

Анализ проведенных ранее исследований показывает, что на основе каучуковых бетонов возможно создание высокоэффективных армированных строительных конструкций разного сечения [1–6; 8–10].

Композитный материал – каучуковый бетон (каутон), полученный на основе жидких каучуков, обладает высокой, практически универсальной химической стойкостью, коэффициенты хим. стойкости данного полимербетона приведены в табл. 1.

Таблица 1

Коэффициенты химической стойкости каутона

Вид агрессивной среды	Коэффициент химической стойкости	
	через 1 год экспонирования	прогнозируемый через 10 лет
20 %-ный раствор серной кислоты	0,95	0,95
3 %-ный раствор азотной кислоты	0,8	0,7
10 %-ный раствор лимонной кислоты	0,9	0,8
20 %-ный раствор едкого натрия	0,95	0,95
10 %-ный раствор едкого калия	0,8	0,65
Насыщенный раствор хлористого натрия	0,9	0,8
Дизельное топливо	0,95	0,95
Вода	1	0,99

Тавровый профиль, в сравнении с прямоугольным, является более эффективным с экономической точки зрения, т.к. повышается прочность нормального сечения путем увеличения содержания материала в сжатой зоне.

С целью изучения влияния фибрового армирования на прочность нормальных сечений и деформативность каутоновых балок таврового поперечного сечения были изготовлены и испытаны на чистый изгиб балки без продольного армирования. Фибровое армирование представлено стальными волокнами диаметром 0,3 мм и длиной 30 мм (т. е. отношением диаметра к длине волокна 1/100), полученными из отходов металлокорда шинного производства и расположенными хаотично по всему объему экспериментальных балок. Параметры образцов-балок: длина – 1400 мм; высота ребра – 95 мм; ширина ребра – 60 мм. СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции», ограничивают величину свесов полок, участвующих в расчете, при условии отсутствия в элементе поперечных ребер, следующими величинами:

- не более $b'_f < \frac{1}{6}l_0$ и не более;
- при $h'_f \geq 0,1h$ $6h'_f$;
- при $0,05h \leq h'_f < 0,1h$ $3h'_f$;
- при $h'_f < 0,05h$свесы не учитываются.

здесь b'_f – ширина сжатой полки, h'_f – высота сжатой полки, h – полная высота балки, l_0 – рабочий пролет балки.

Размеры полок назначали из следующих соображений: высота полки ($h'_f = 25$ мм) выбрана таким образом, чтобы обеспечить, в случае необходимости, возможность размещения в ней арматуры. Ширина свеса полки в каждую сторону от ребра не должна превышать 1/6 пролета элемента (в нашем случае $b'_f = 240 < 460$ мм) и не более $6h'_f = 360$ мм.

Схема загрузки и сечение балок представлены на рис. 1.

На рис. 2 представлен общий вид балки, изготовленной из каутона, до и после испытания.

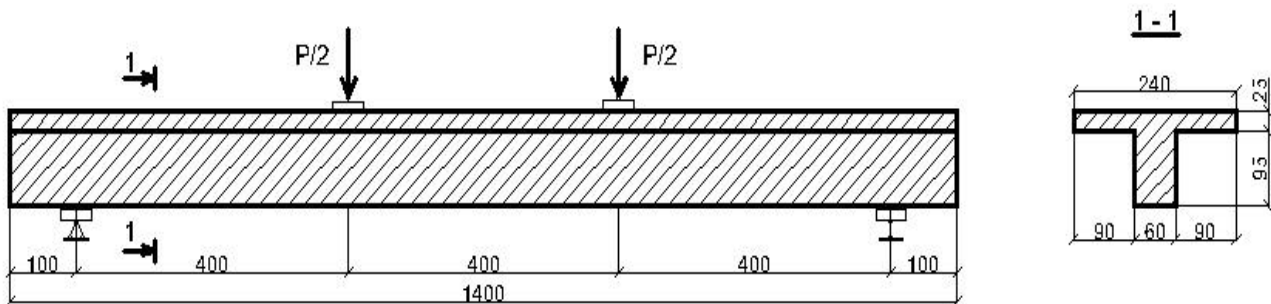


Рисунок 1. Схема загрузки и сечение балок

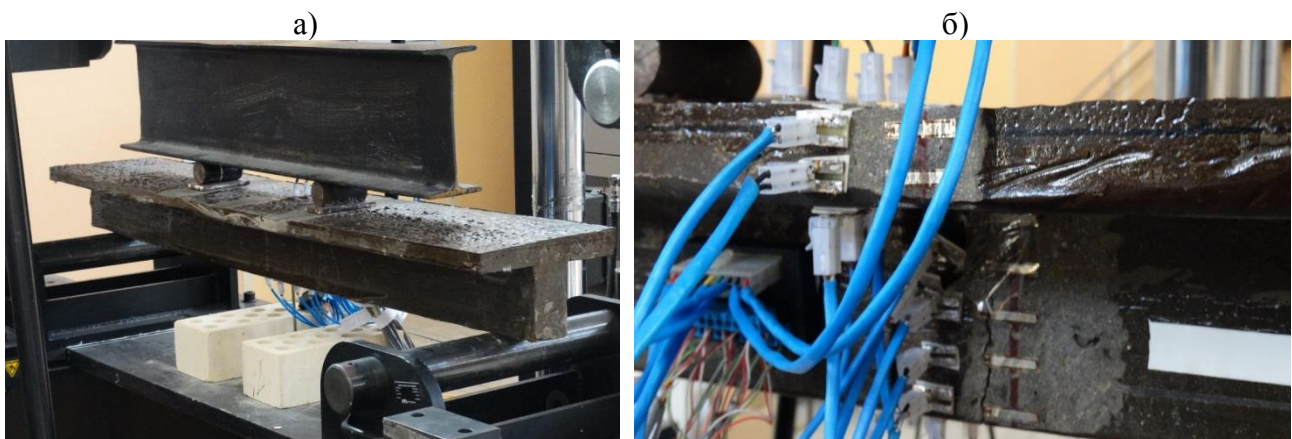


Рисунок 2. Общий вид балки до (а) и после испытания (б)

Значения разрушающего изгибающего момента, а также прогиба в результате исследований каутоновых и фиброкаутоновых изгибаемых элементов сведены в табл. 2, графики зависимости прогиба от изгибающего момента представлены на рис. 3. На основании контрольных образцов в каждой партии балок были получены данные по пределу прочности на сжатие (R_k) и на растяжение (R_{kt}), значения которых также приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты эксперимента

Шифр балки	M_u , кН · м	f , мм	R_k , МПа	R_{kt} , МПа
БКТ-01	2,03	1,72	80	9
БКТ-02	2,24	1,89	81	10,2
БКТ-03	1,86	1,54	79	9,5
БФКТ-01	2,24	2,77	85	13,0
БФКТ-02	2,44	3,04	87,5	13,6
БФКТ-03	2,02	2,49	84	10,5

Примечание: расшифровка шифра БКТ-0: Б – вид элемента, в нашем случае балка; К – материал, из которого изготовлен изгибаемый элемент (фиброкаутон, каутон); Т – вид поперечного сечения, в нашем случае тавровое; 01 – первая цифра указывает на диаметр продольных стержней, вторая цифра указывает на порядковый номер

Испытания проводились в Центре коллективного пользования имени профессора Ю.М. Борисова. Были использованы следующие приборы: Универсальная напольная гидравлическая испытательная система модель 600KN фирмы INSTRON (США), комплекс оборудования контроля напряженно-деформированного и технического состояния конструкций и их элементов (Германия).

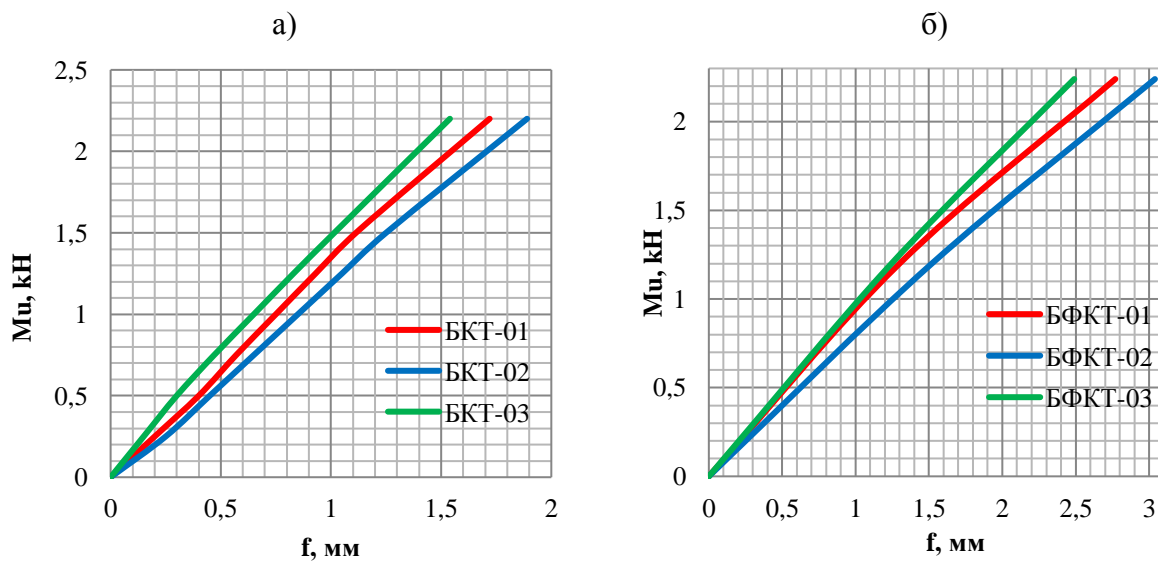


Рисунок 3. График зависимости прогиба (f) от разрушающего момента (M_u) в испытанных серий балок БКТ (а) и в БФКТ (б)

Как можно заметить в сериях каутоновых балок с дисперсным армированием величина прогибов, выше, чем в каутоновых балок без него, что говорит о более высокой деформативности изгибаемого элемента.

На основании анализа полученных результатов следует отметить, что разница деформаций в наиболее удаленном от стенки сжатом волокне полки балки БКТ-01 при 10%Р и 90%Р составляет 213,95 $\mu\text{m}/\text{m}$, а в балке БФКТ-01 эта разница составляет 265,33 $\mu\text{m}/\text{m}$ (при схожих деформациях крайнего сжатого волокна по оси балки), а также более стремительное уменьшение деформаций при приближении к краю полки (см. рис. 4) может свидетельствовать о большем включении в работу полки из фиброкаутона.

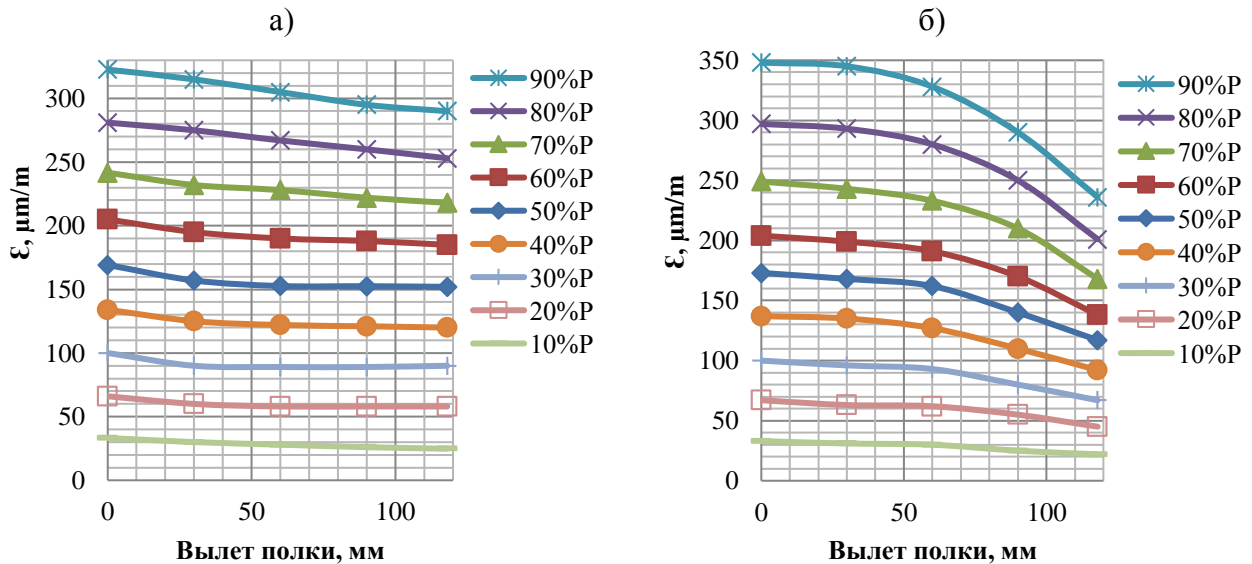


Рисунок 4. Распределение деформаций (ϵ) по ширине полки испытанных балок БФКТ-01 (а) и БКТ-01 (б) при разных стадиях загрузки в процентном соотношении от разрушающей нагрузки (P), с координаты “0” начинается центр ширины полки

Распределение деформаций в полке в серии каутоновых изгибаемых элементов носит практически линейный характер, в отличие от полки фиброкаутоновых изгибаемых элементов, имеющих явно выраженный криволинейный характер с более интенсивным уменьшением деформаций при приближении к краю полки. Прирост деформаций от стадии к стадии носит плавный характер и колеблется в пределах 20 %. Максимальные относительные деформации вблизи стенки изменяются с 33,26 $\mu\text{m/m}$ в начальной стадии работы до 322,66 $\mu\text{m/m}$ в стадии работы конструкции близкой к критической в балке БФКТ-01 и с 33,04 $\mu\text{m/m}$ до 348,08 $\mu\text{m/m}$ в балке БКТ-01. В наиболее удаленном от стенки сжатом волокне полки, относительные деформации изменяются в балке БКТ-01 с 22,07 $\mu\text{m/m}$ до 236,02 $\mu\text{m/m}$, а в балке БФКТ-01 с 24,80 $\mu\text{m/m}$ до 290,13 $\mu\text{m/m}$, в соответствующих стадиях работы.

На рис. 5 представлен эквивалентный процент продольного армирования, учитывающий работу фибры в сечении. На основании изученных данных [7] построен график зависимости процента разрушающего момента от продольного армирования (0–0,79 %) в серии балок БКТ.

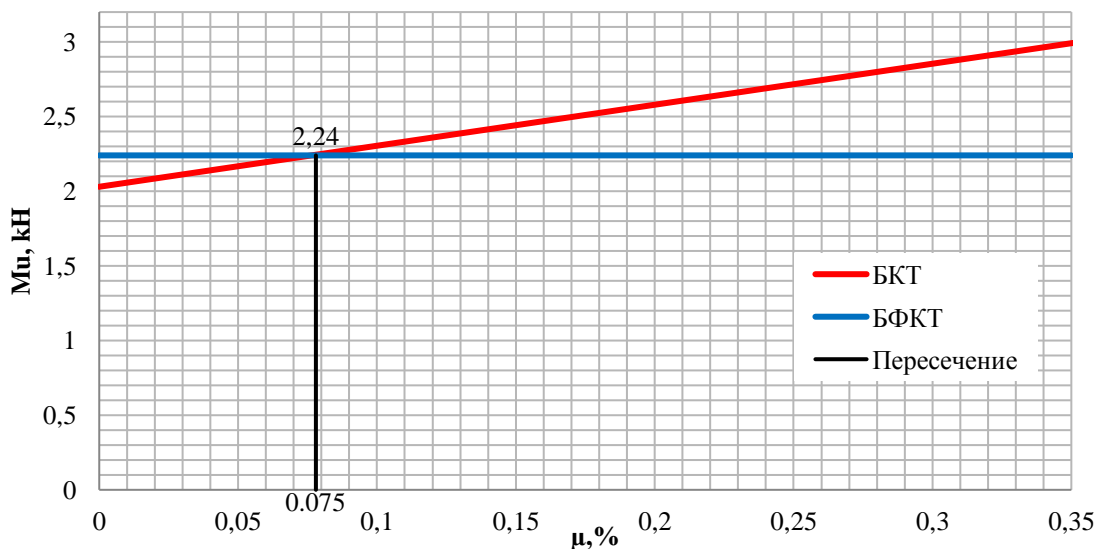


Рисунок 5. Процент продольного армирования (μ) соответствующий разрушающему моменту (M_i) балки БФКТ

При сравнении работы балок БФКТ и БКТ под нагрузкой было установлено, что альтернативным армированием волокон фибры является продольное стержневое армирование проволокой Вр-1 диаметром 3 мм.

Вывод

Установлено, что полка в балках таврового сечения с дисперсным армированием более интенсивно включается в работу, чем в балках без дисперсного армирования.

Анализ экспериментальных данных, показал, что с добавлением волокон фибры увеличиваются значения прогибов при одновременном увеличении разрушающего изгибающего момента, а также увеличиваются значения деформаций в крайних точках сжатой зоны полки.

Установлено значение эквивалентного процента продольного армирования, учитывающего работу фибры в сечении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Макарова, Т.В. Исследование параметров режима отверждения каучукобетонной смеси / Т.В. Макарова // Сб. материалов 52 научно-технической конференции / ВГАСА. – Воронеж, 2000. – С. 57–59.
2. Нгуен Фан Зуй. Двухслойные каутоно-бетонные изгибаемые элементы строительных конструкций: дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.01 [Текст] / Нгуен Фан Зуй. – Воронеж 2010 – 185 с.
3. Пинаев, С.А. Короткие сжатые элементы строительных конструкций из эффективного композита на основе бутадиенового полимера: дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.01 [Текст] / Пинаев Сергей Александрович. – Воронеж, 2001. – 191 с.
4. Поликутин, А.Э. Прочность и трещиностойкость наклонных сечений изгибаемых элементов строительных конструкций из армокаутоната: дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.01 [Текст] / Поликутин Алексей Эдуардович. – Воронеж, 2002. – 235 с.
5. СП 63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003 (с Изменениями N 1, 2, 3).
6. Панфилов Д.В. Дисперсно армированные строительные композиты на основе полибутадиенового олигомера – фиброкаутоната [Текст]: дисс. ... канд. техн. наук / Д.В. Панфилов. – Воронеж, 2004. – 189 с.
7. A.E. Polikutin, A.V. Levchenko and T.O. Oforkaja. Comparison of the Strength of Normal Sections of Rubber Concrete Rectangular and T-beams. Журнал «IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (MSE)» (издательство IOP Publishing Ltd.).
8. Левченко А.В., Зябухин П.А., Офоркаджа Т.О. Фиброкаутон и конструкции на его основе // научная опора Воронежской области. Воронеж. 2017. С. 197–199.
9. Чмыхов В.А. Сопротивление каучукового бетона действию агрессивных сред. Дисс. ... канд. техн. наук. Воронеж, 2002. 224 с.
10. Перекальский О.Е. Строительные композиты на основе полибутадиеновых олигомера для защиты от радиации. Дисс ... канд. техн. наук. Воронеж, 2006. 174 с.

Polikutin Aleksey Eduardovich

Voronezh state technical university, Voronezh, Russia
E-mail: a.pl@mail.ru

Zyabukhin Pavel Alekseevich

Voronezh state technical university, Voronezh, Russia
E-mail: aypavel@mail.ru

Oforkaja Theophilus Ositadinma

Voronezh state technical university, Voronezh, Russia
E-mail: ositaoforkaja@yahoo.com

Levchenko Artem Vladimirovich

Voronezh state technical university, Voronezh, Russia
E-mail: Alevchenko@vgasu.vrn.ru

Influence of fiber reinforcement on the deformation of rubber concrete bending elements of a T-section without a longitudinal reinforcing bar

Abstract. The results of researches on the strength, crack resistance and deformation of normal sections of flexural structural members made of effective polymer concrete – rubber concrete (rubcon) with practically universal chemical resistance are presented. In order to increase strength, including the tensile zone of structures, fiber reinforcement (obtained from tire metal cord waste), in addition to the traditional reinforcing bar, is allowed to be used. For the study of the strength, crack resistance and deformation of normal sections, rubber concrete, fiber rubber concrete beams of T-cross-section were produced and tested for pure bending. The technique of experimental studies of bent elements of mixed reinforcement is described. The results of testing the beams for pure bending are presented. It was established that when adding fiber reinforcement there is an increase in the values of destructive bending moment up to 10 %, the moment of formation of cracks up to 5 %. It is important to note that the flange, when turned on, remains under loaded, due to the increased bearing capacity of the fiber beam reinforcement, and also due to the de-planation (curvature) of the section between the flange and the web of the beam (deformations of the edges of the flange lag behind the deformations of the middle of the web). Consequently, it will be possible to reduce the thickness of the flange until the formation of a uniform distribution of deformations. It should be noted that in the rubber concrete beams with dispersed fiber reinforcement, the moment of crack resistance was about 95 % of the destructive moment. In the rubber concrete beams without the addition of fiber reinforcement, due to the rapid crack opening, the fracture moment was considered as breaking moment. According to the results of research, the possibility of using fiber reinforcement of rubber concrete beams as an alternative to reinforcing bar has been proved.

Keywords: rubcon; fiber; beam; normal section; T-section; strength; crack resistance; deformation; normal stress