

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СВОЙСТВ СТАЛЬНЫХ ФИБР НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТАЛЕФИБРОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

К.В. Талантова, Н.М. Михеев

*Характеристики сталефибробетона (СФБ) и конструкций на его основе помимо других факторов зависят от количества и качества стальной фибры. Стальная фибра, при содержании её в бетонной матрице не менее 0,5% по объему, обеспечивает высокие физико-механические характеристики СФБ, которыми можно управлять. Задать эксплуатационные характеристики конструкции на основе СФБ в соответствии с её напряженно - деформированным состоянием можно при минимально возможных затратах, используя для этой цели один из наиболее целесообразных типов фибры.*

*Ключевые слова: фибра стальная, свойства, исследования, сравнительная оценка конструкции сталефибробетонные (сталефиброжелезобетонные), характеристики эксплуатационные.*

### ВВЕДЕНИЕ

По литературным данным значительная часть обширных исследований свойств СФБ как в нашей стране, так и за рубежом выполнялись с использованием с проволочной фибры из малоуглеродистой проволоки [1...8 и др.]. По данным производителей [www.durocem.ru; www.smedo.ru; www.conon.ru] эта фибра – самая дорогостоящая из рассматриваемых в представляемых исследованиях. Менее дорогая – фибра из листа, затем – фрезерованная и, по предварительным данным, самая дешевая – токарная фибра.

При значительном количестве работ по изучению свойств стальных фибр и СФБ [1 ... 9 и др.], исследования влияния типа и свойств фибр на эксплуатационные характеристики сталефибробетонных или сталефиброжелезобетонных конструкций (СФБК и СФЖБК) весьма ограничены. Исключение, пожалуй, составляют конструкции огнеупоров, армирование которых выполняется, как правило, фибрами, получаемыми из расплава нержавеющей стали, обладающей специальными свойствами [1].

### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Несомненно, свойства СФБК зависят от характеристик СФБ. При этом для эффективного обеспечения заданных эксплуатационных характеристик конструкции при минимально возможных затратах, целесообразно использование одного из многих типов стальной фибры. Применение СФБ в конструкциях различного назначения диктует необходи-

мость поисков и систематизации путей обеспечения комплекса свойств СФБ в зависимости от предъявляемых требований к конкретной конструкции.

Так СФЖБ конструкции помещения повышенной надежности (сейфовых помещений) должны обладать, помимо прочего, высокой сопротивляемостью режущим и ударным нагрузкам, взрывным и термическим воздействиям и т.п. Масса конструкции при этом не регламентируется. Для обеспечения указанного комплекса свойств необходимо при проектировании и изготовлении задать материалу способность вязкого разрушения, высокую ударную прочность, необходимую прочность при растяжении, термическую прочность при воздействии высоких температур (до 1000 С). Указанные характеристики могут быть получены за счет применения фибровой арматуры из нержавеющей стали заданного диаметра и объемного содержания, при относительно небольшом соотношении длины и диаметра фибры  $l_f/d_f$  (до 50), напряжении сцепления ( $\tau_c$ ), обеспечивающем разрушение элемента за счет выдергивания фибр из матрицы, равномерного распределения фибры по сечению элемента. Необходимый набор свойств элементов конструкций помещения повышенной надежности должен соответствовать классу устойчивости к взлому по ГОСТ Р 50862.

К СФЖБ несущим конструкциям автодорожных мостов предъявляются требования заданной несущей способности, усталостной прочности, трещиностойкости и деформативности, а также высокой морозо - коррозионной стойкости, при обеспечении их надежности и долговечности. При реконструкции ав-

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СВОЙСТВ СТАЛЬНЫХ ФИБР НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТАЛЕФИБРОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

тодорожных мостов помимо указанного выше, важнейшим является ограничение веса дополнительных элементов конструкций. Кроме того, для несущих конструкций мостов целесообразно зонное [10], а в приопорных областях и полидисперсное фибровое армирование [11].

Покрытия автодорожных мостов и дорожная одежда должны обладать повышенной прочностью на растяжение при изгибе, истираемостью, морозостойкостью, водонепроницаемостью. Использование СФБ позволяет обеспечить соблюдение необходимых эксплуатационных требований. Регулирование свойств СФБ и конструкций на его основе можно достичь выбором количества и типом стальной фибры. Стальная фибра, определяется геометрией ( $d_f$ ,  $l_f$ ), формой сечения, конфигурацией, временным сопротивлением растяжению ( $R_{s,f}$ ), модулем упругости ( $E_{s,f}$ ), способностью обеспечивать сцепление с бетонной матрицей (состоянием поверхности, наличием анкеров), технологией производства и ценой.

При введении стальной фибры в бетонную матрицу специалисты преследуют разные цели. Одна из них – снижение трудоемкости изготовления железобетонных конструкций (ЖБК), упрощение армирования элементов сложной конфигурации при сохранении большей части каркасов и сеток ЖБК. Другая – восприятие усадочных деформаций бетона. В этих случаях содержание фибр в СФБ может составлять 0,25 – 0,5% по объему и менее. Для достижения и того, и другого используется, так называемое, «рассеянное» армирование стальной фиброй.

Другая цель – создание композита – СФБ, обладающего характеристиками, существенно превосходящими сумму свойств, входящих в него компонентов. В этом случае необходимо обеспечить достаточное количество и дисперсность армирования, что позволило бы фибре эффективно вступать в работу. Содержание фибр в СФБ такого рода должно быть 0,5 % по объему и более.

Применение в строительных конструкциях СФБ с высокими физико-механическими характеристиками дает возможность в разы уменьшить вес конструкций, упростить технологию их изготовления, сократив или полностью исключив арматурные работы, снизить себестоимость, одновременно повысив надежность и долговечность конструкций. При этом исследователи определяют «критическое содержание фибр в смеси» [12]. Интересно, что эта величина определяется и с точки зрения обеспечения заданных свойств,

и с точки зрения получения этих свойств в условиях принятой технологии изготовления.

В исследованиях, выполненных в АС1 [12], отмечается, что «благоприятная ориентация фибр влияет на изгибную прочность СФБ». То есть очевидна связь между размером образцов и длиной фибр, поскольку ориентация фибр зависит от соотношения  $b \times h$  и  $l_f$ .

В исследованиях Swamy [13] указывается, что существует минимальное отношение модулей упругости волокна и матрицы, ниже которого нельзя достигнуть никакого улучшения механических свойств композита. При этом связь на границе раздела матрицы и волокна определяет эффективность передачи напряжений от матрицы к волокну. В таком случае особо значение приобретает отношение длины к диаметру коротких волокон, состояние поверхности и их объемное содержание. Прочное сцепление волокна с матрицей обуславливает более высокое сопротивление разрыву, однако, при относительно слабом сцеплении фазы волокна и матрицы достигается более высокая способность поглощать энергию при разрушении. Прочность материала достигается за счет рассеяния и затухания энергии в местах прерывания межфазных связей. Таким образом, длина фибры и её диаметр являются важными факторами, определяющими статические и динамические свойства СФБ и конструкции с его применением.

Крупнейшим зарубежным производителем стальных фибр из низкоуглеродистой стали различного типа с фирменной маркой DRAMIX<sup>(R)</sup> является Бельгийская фирма «Beckaert» [3]. С фирменной же маркой DRAMIX<sup>(R)</sup> эта фирма выпускает СФБ различного назначения. Производитель DRAMIX<sup>(R)</sup> при поставке фибр указывает их объемное содержание в бетоне, необходимое для получения заданных физико-механических характеристик СФБ для каждого типа фибр.

В отличие от зарубежного, отечественный производитель фибр [например, 14] не приводит данных, характеризующих его продукцию, и необходимых для проектирования СФБК. Чтобы определить влияние таких фибр на свойства СФБ и целесообразность их применения в СФБ конструкции, потребителю необходимо провести значительный объем исследований. Для производства такой подход не приемлем.

Специалисты ЛЕНЗНИИЭП (с 1992 года СПбЗНИИПИ) провели исследования фибр [15,16]. Изучались различные параметры: длина, диаметр фибр, характеристика сцепления фибр с матрицей и их влияние на

прочностные характеристики СФБ. При этом для всех типов фибр исследовалась их анкеровка в матрице, обеспечивающая наибольшее напряжение в фибре при ее выдергивании. На основе указанных экспериментальных исследований были определены коэффициенты сцепления фибр с матрицей.

Авторами статьи были проведены экспериментально – теоретические исследования, посвященные изучению свойств строительного композита – сталефибробетона, приготовленного с применением четырех типов фибры, наиболее часто упоминаемых в публикациях отечественных специалистов, и определению областей, рационального применения СФБ в зависимости от типа фибры [17].

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

### *Характеристика стальных фибр*

На рынке России и СНГ предлагаются различные типы фибр, наиболее употребляемые из них сегодня, рассматриваются ниже.

**Проволочная фибра.** Ее получают путем резки стальной проволоки устройствами различного типа. В процессе изготовления фибр отрезкам проволоки может придаваться различная форма. На поверхности фибры, с одной или двух сторон, может быть нанесена насечка различного профиля. Прочностные и деформативные характеристики проволочной фибры практически не отличаются от характеристик исходного материала. Ее производят в России ЗАО «Фибросталь» [www.fibersteel.ru], в Украине («Силур») [http://www.silur.com] и за рубежом «Dramix» [www.bekaert.com] и другие фирмы. В представляемых исследованиях использовалась фибра проволочная гладкая из проволоки по ГОСТ 3282, сталь БСт.0.

**Листовая фибра,** фрезерованная из тонкого листа, по своим механическим характеристикам, как и проволочная, близка к исходному материалу. Форму и состояние поверхности фибры, можно изменять в широких пределах, за счет регулировки режимов резания, геометрических параметров и обработки режущих кромок инструмента. Технология производства листовой фибры наилучшим образом отработана в России «Магнитогорск Фибра-Строй» [http://www.fibre.ru/kontakt.html] и др. В представляемых исследованиях использовалась фибра листовая с анкерами из стали Ст.20.

**Фрезерованная фибра,** получаемая из сляба или толстолистого металла, имеет

желобчатое сечение. Ее длина равна ширине режущей кромки зубьев фрезы. Соотношение длины и диаметра у таких фибр относительно невелико. Фибры могут иметь шероховатую поверхность и анкер благодаря специальной заточке инструмента. Из-за перегрева фибры имеют высокую хрупкость и темно-синий цвет поверхности. Мировым лидером производства фибры такого типа являются Япония и Германия. В России фрезерованная фибра производится АОЗТ «Курганстальмост» [www.kurganstalmost.ru]. В исследованиях использовалась фибра типа «Волан» производства Санкт-Петербург [9].

**Токарную фибру** получают путем токарной обработки деталей. Длина волокон до 40 мм, приведенный диаметр от 0,05 мм. Ее промышленный выпуск, по имеющимся данным, не налажен. Свойства фибр этого типа еще изучаются. В работе использовалась токарная фибра из малоуглеродистой стали Ст.3 сп.

*Экспериментальные исследования* включали в себя:

- изготовление опытных лабораторных образцов (15 серий), всего 1140 образцов с объемным процентом армирования ( $\mu_v$ ) 1,0; 1,5; 2,0;

- испытания образцов с целью определения плотности СФБ ( $\rho_f$ ), его прочности на сжатие ( $R_{fb}$ ), растяжение при изгибе ( $R_{ftb}$ ), и растяжение при раскалывании ( $R_{ftsh}$ ), предельной растяжимости  $\varepsilon_{ft,u}$  и сжимаемости  $\varepsilon_{fc,u}$  СФБ в зависимости от типа фибр;

- математическую обработку результатов испытаний с целью проверки их адекватности и статистических оценок погрешности с учетом размеров образцов;

- формулировку предложений по рациональному применению СФБ с исследуемыми типами фибры для производства конструкции в зависимости от их назначения.

В исследованиях использовалась фибра проволочная гладкая (базовый вариант), токарная, листовая с анкерами на концах и фрезерованная. Размеры лабораторных образцов были приняты 40×40×160 мм, 100×100×400 мм, 100×100×100 мм. Выбор размеров образцов определялся требованиями ГОСТ на бетоны. При этом учитывались размеры сечений проектируемых конструкций и тот факт, что в зависимости от соотношения размеров сечения элемента ( $b \times h$ ) и длины фибры ( $l_f$ ) изменяются коэффициенты ориентации последней ( $k_{or}$  и  $k_n$ ) изменяются от 0,1 до 0,98 [18] и степень их использования колеблется в широких пределах.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СВОЙСТВ СТАЛЬНЫХ ФИБР НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТАЛЕФИБРОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

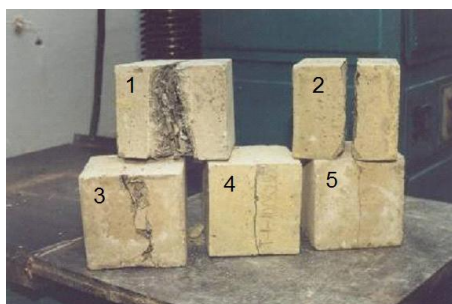


Рисунок 1 – Образцы – кубы (10 × 10 × 10 см) после испытаний на раскалывание из сталефибробетона, изготовленного с листовой фиброй (1),  $\mu_{fv} = 1\%$ , из бетона (2), фрезерованной, (3), токарной (4), проволочной (5) с  $\mu_{fv} = 2\%$

Класс матрицы из мелкозернистого бетона на основе исследований авторов [10] был назначен В30, с соотношением компонентов: Ц : П = 1:2, В/Ц = 0,44. Лабораторные образцы твердели в нормальных условиях, при  $t = 18 \pm 3^\circ \text{C}$  и влажности 100% течение 28 суток. После набора прочности образцы хранились в воздушно сухих условиях. Прочностные испытания образцов осуществлялось на прессе ПСУ – 500. Для испытания были использованы приспособления в соответствии с ГОСТ 10180 и 310.4. Измерения деформативных характеристик СФБ осуществлялись с помощью тензометрической системы ММТС – 64.01 (СибНИА им. Чаплыгина), и тензорезисторов типа 2ПБК – 400-200 с базой 50 мм.

При испытании велись наблюдения за характером разрушения образцов СФБ. Разрушение материала с проволочной и токарной фиброй проходило плавно и вязко без потери формы образца, с фрезерованной фиброй – хрупко с характерным треском и заметными разрушениями образца, с листовой фиброй – работа СФБ имела характер средний между СФБ с проволочной и фрезерованной фиброй (рисунок 1).

Результаты исследований плотности позволили определить среднюю плотность СФБ, независимо от типа фибр и объемного процента армирования (в пределах, рассматриваемых в представляемых исследованиях) –  $\rho_{fm} \approx 2300 \pm 163 \text{ кг/м}^3$ .

**Деформативные характеристики** были определены для СФБ с использованием рассматриваемых типов фибр при испытании образцов – балочек 4×4×16 см на растяжение при изгибе и призм 10×10×40 см – на сжатие. Графики напряжение – деформация, полученные при оценке деформативных характеристик СФБ, а также наблюдения работы материала под нагрузкой, позволяют сделать вывод о вязкой пластической работе СФБ с проволочной и токарной фиброй, характери-

зующейся предельной растяжимостью –  $\varepsilon_{fbt,u} = 2,625 \times 10^{-3}$  и  $\varepsilon_{fbt,u} = 1,92 \times 10^{-3}$ , а также предельной сжимаемостью  $\varepsilon_{fb,u} = 2,75 \times 10^{-3}$  и  $\varepsilon_{fb,u} = 2,25 \times 10^{-3}$  соответственно. Предельная растяжимость СФБ с листовой фиброй составила  $\varepsilon_{fbt,u} = 1,29 \times 10^{-3}$ , разрушение сопровождалось выкрашиванием бетона-матрицы, предельная сжимаемость при этом составила  $\varepsilon_{fb,u} = 1,55 \times 10^{-3}$ . Последнее свидетельствовало о необеспеченности совместности работы этого типа фибры и бетонной матрицы. Предельная растяжимость СФБ с фрезерованной фиброй значительно меньше и составила  $\varepsilon_{fbt,u} = 4,51 \times 10^{-4}$ , а предельная сжимаемость оказалась близкой к этому показателю СФБ с листовой фиброй и получилась равной  $\varepsilon_{fb,u} = 1,57 \times 10^{-3}$ . При этом наблюдалось хрупкое разрушение материала с характерным треском и обрывом фибр.

### СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ

Сравнительный анализ данных позволил оценить прирост прочности СФБ на сжатие ( $R_{fbm}$ ) в соотношении с прочностью контрольного бетона ( $R_{bm}$ ), который составил от 10% до 50%, что соответствует литературным данным [4,6,19]. Максимальный прирост прочности был получен для СФБ с проволочной фиброй. При этом разброс показателей прочности на сжатие в зависимости от типа фибр относительно невелик. Этот факт свидетельствует о том, что прочность СФБ на сжатие в большей степени, чем другие показатели прочности материала, зависит от характеристик бетонной матрицы.

Прирост прочности СФБ на растяжение при изгибе к прочности исходного бетона составил в среднем 150 ... 200%.

Максимальная прочность СФБ на растяжение при изгибе, как и при сжатии, была получена при использовании проволочной фибры, со снижением на 10 ... 15% в случае использования токарной, далее СФБ с листовой фиброй, и, более чем на 30% – с фрезерованной фиброй. При увеличении размеров сечения образца прочность на растяжение при изгибе для проволочной, токарной и листовой фибр относительно друг друга несколько сглаживается, но СФБ с фрезерованной фиброй, как и ранее, показал самые низкие характеристики. Прочность на растяжение при раскалывании превысила показатели исходного бетона на 60 ... 140%. При этом прочность СФБ с проволочной фиброй, как и в предыдущих случаях, выше, чем для других типов фибр. Показатели прочности СФБ с токарной, листовой и фрезерованной фибрами оказались близки по значениям с неболь-

шим разбросом, особенно для объемного содержания фибр 1,0 и 1,5%.

Результаты экспериментальных исследований позволили дать сравнительную оценку свойств СФБ, в зависимости от типа стальных фибр и рекомендовать пригодность

исследуемых вариантов фибр для производства различных СФБ конструкций (таблица 1).

Применение проволочной и токарной фибр обеспечивает получение материала со стабильными и прогнозируемыми свойствами, чего нельзя сказать о СФБ с листовой и тем более фрезерованной фиброй.

Таблица 1 – Целесообразные области применения фибр в зависимости от назначения элемента конструкции

Назначение, напряженно-деформированное состояние элементов конструкций	Тип стальной фибры	Характеристика стальной фибры				
		Диаметр $d_f$ , мм	Отношение длины к диаметру $l_f/d_f$	Расчетное сопротивление на растяжение, МПа		Модуль упругости $E_{fs}$ , МПа
				I гр. пред. сост. $R_{sf}$	II гр. Пред. сост. $R_{sfn}$	
Ответственные, в том числе с предварительным напряжением арматуры; несущие изгибаемые, растянутые, в том числе тонкостенные	Проволочная	0,3 ... 0,5; 0,7 ... 1,2	100 125; 200 400	500	600	$2 \times 10^5$
Несущие сжатые	Проволочная	0,7 ... 1,2	50	500	600	$2 \times 10^5$
Дорожные одежды, промышленные полы	Листовая ТУ0991-123-5383	0,6 ... 0,8	82	300 500	550 400	$2,1 \times 10^5$
Неответственные конструкции	Фрезерованная	0,92	60 ... 80	100 ... 200	200 ... 300	$1,9 \times 10^5$
Несущие, тонкостенные	Токарная	0,1 ... 0,3	60 ... 100	400	500	$2 \times 10^5$
Жаростойкие	**Из расплава	0,1	50	146**	190	$1,26 \times 10^5$
Особые условия	*Специальная	0,3 ... 1,2	50 ... 120	500	600	$2 \times 10^5$

\*Специальная фибра может быть как с особыми, например, антикоррозионными покрытиями, для элемента конструкции эксплуатируемого в особо агрессивной среде, либо со специальными добавками при получении фибры из расплава для создания термостойких элементов конструкций и т.п.  
\*\*Характеристика фибры при температуре 870° С по данным разработчиков – «Баштехстром», г. Уфа

При этом более предпочтительной с точки зрения обеспечения прочности и деформативности СФБ является фибра проволочная и токарная из малоуглеродистой стали. Использование этих типов фибр позволяет получить увеличение растяжимости СФБ по сравнению с бетоном более чем на порядок.

Применение хрупкой фрезерованной фибры практически не приводит к изменению деформаций растяжения СФБ по сравнению с бетоном и дает небольшой прирост прочности. На основании результатов исследований можно сделать вывод о целесообразности применения проволочной и токарной фибр для производства элементов конструкций различного назначения, в том числе, несущих в ответственных зданиях и сооружениях.

Сталефибробетон с листовой фиброй, имеющей анкера, которая использовалась в экспериментах, требует дополнительных исследований. После чего такая фибра может быть рекомендована для использования в

конструкциях дорог, инженерных сооружений. При этом полученные результаты свидетельствуют о целесообразности ограничения содержания этого варианта листовой фибры в материале до одного процента по объему. Фрезерованную фибру можно рекомендовать к использованию в ненесущих элементах конструкций (полы, тротуарная плитка и т.п.).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Johnston, Colin D. Steel fibre – reinforced concrete – present and future in engineering construction // Composites. – 1982. – Vol. 13, № 2. – P. 113 - 121.
2. DRAMIX<sup>(R)</sup> – Bekaert steel fiber for concrete reinforcement // BEKAERT [Electronic resource]: [site] / INGRI Flooring Technology. – Electron. data. – Brussels, 2006. – Mode of access: www.bekaert.com. – Title from screen.
3. Рыбасов, В. П. К оценке прочности фибробетона / В. П. Рыбасов // Фибробетон и его применение в строительстве: сб. науч. тр. – М.: НИИЖБ, 1979. – С. 125 - 130.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СВОЙСТВ СТАЛЬНЫХ ФИБР НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТАЛЕФИБРОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

4. Аболиньш, Д. С. Дисперсно хаотически армированный бетон как двухфазный материал и некоторые экспериментальные данные о его прочности при центральном сжатии и изгибе / Д. С. Аболиньш, В. К. Кравинскис // Исследования по механике строительных материалов и конструкций. – Рига: РПИ, 1969. – Вып.4. – С. 117 - 123.
5. Арончик, В. Б. Исследование работы армирующего волокна в фибробетоне: автореф. дис. ... канд. техн. наук / В. Б. Арончик. – Рига, 1983. – 22 с.
6. Косарев, В. М. Экспериментально теоретические исследования прочности и деформативности изгибаемых и центрально сжатых элементов сталефибробетонных конструкций при кратковременном воздействии нагрузки: автореф. дис. ... канд. техн. наук / В. М. Косарев. – Л., 1980. – 25 с.
7. Курбатов, Л. Г. Особенности проектирования и технологии изготовления сталефибробетонных конструкций / Л. Г. Курбатов, И. А. Лобанов. – Л.: ЛДНТП, 1978. – 26 с.
8. Курбатов, Л. Г. Проектирование и изготовление сталефибробетонных конструкций / Л. Г. Курбатов. – М., 1985. – 55 с. – (Серия: Конструкции жилых и общественных зданий. Технология индустриального домостроения: обзор. информ. / ЦНТИ по гражд. стр-ву и архитектуре; вып. 4.)
9. Александров, В. Н. Стальная фибра типа «Волан» для сталефибробетонных конструкций подземных сооружений / В. Н. Александров, Ю. И. Тетерин, С. Е. Гуков // Подземное пространство мира. – 1995. – № 1. – С. 42 - 44.
10. Талантова К. В. Строительные конструкции на основе сталефибробетона с заданными свойствами / К.В. Талантова // Проблемы оптимального проектирования сооружений: доклады I – й Всерос. конф. 8 - 10 апреля, 2008 г. – Новосибирск, 2008. – С. 381–390.
11. Голанцев, В. А. Свойства и особенности полиармированных фибробетонов: автореф. дис. ... канд. техн. наук / В. А. Голанцев. – Л., 1990. – 20 с.
12. ACI Committee 544, State-of-the-Art Report on Fiber Reinforced Concrete (ACI 544.1R-82), American Concrete Institute, Detroit, 1982, 16 pp. Also, ACI Manual of Concrete Practice, Part 5.
13. Swamy, R. N. Fibre – reinforced concrete: mechanics, properties and applications // Indian Concrete Journal. – 1974. – Vol. 48, № 1. – P. 7 - 16.
14. Фибра стальная фрезерованная. Технические условия. ТУ 5263-001-04697311-96 /Разработчик ДАОЗТ «Курганстальмост».
15. Курбатов Л.Г. Анкеровка фибровой арматуры. Исследование и расчет новых типов пространственных конструкций гражданских зданий./ Курбатов Л.Г., Попов В.И. // Сб. научн. трудов. Л.: ЛЕНЗНИИЭП, 1985. - С. 62 – 69.
16. Шабловский Е.А. Стальные фибры для дисперсного армирования бетонных конструкций./Обзорная информация. Сер. Конструкции жилых и общественных зданий. Технология индустриального домостроения./ВНИИТАГ Госкомархитектуры. - М.: 1990. - Выпуск 4.- 61 с.
17. Талантова К. В. Обеспечение свойств элементов конструкций на основе сталефибробетона с учетом влияния характеристик стальных фибр /К.В. Талантова, Э.И. Вингисаар // Известия вузов. Строительство. – Новосибирск, 2008 – № 11 – 12. – С. 123–129.
18. Рекомендации по проектированию и изготовлению сталефибробетонных конструкций / НИИЖБ Госстроя СССР. – М., 1987. – 148 с.
19. Курбатов, Л. Г. Соппротивление сталефибробетона сжатию /Л. Г. Курбатов, Н. Н. Боровских // Исследование и расчет новых типов пространственных конструкций гражданских зданий: сб. науч. тр. – Л.: ЛЕНЗНИИЭП, 1985. – С. 58 - 62.

УДК 69.059.7

## АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ПУТИ РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ

А.Г. Таусенева, Ю.В. Халтурин, В.В. Перфильев

*Предлагается вариант альтернативного развития используемой неэффективно территории, расположенной в центральной части г. Барнаула. Реализация проекта реновации позволит на данной территории увеличить объем жилого фонда почти в 10 раз и значительно повысить качество жилья в районе с уже сложившейся социальной и инженерной инфраструктурой.*

*Ключевые слова: реновация, качество жилья, финансирование, управление недвижимостью.*

### ВВЕДЕНИЕ

Современный город является сложным механизмом обеспечения жизнедеятельности огромного количества людей в условиях развивающихся рыночных отношений.

Возраст основной части жилищного фонда большинства городов РФ около 40 лет, что

свидетельствует о постепенном накоплении в городе ветхого и аварийного жилищного фонда. При этом центральные районы и районы, приближенные к центру, часто заняты, преимущественно, малоэтажной жилой застройкой. Физический износ большинства таких зданий существенен, фундаменты, стены, перекрытия имеют значительные дефекты. Мо-