

УДК 691.115.674 816.2:624.012.45

Ивлев М.А. – аспирант

Струговец И.Б. – кандидат технических наук

Недосеко И.В. – доктор технических наук, профессор

Уфимский государственный нефтяной технический университет

СТАЛЕФИБРОБЕТОН В ПРОИЗВОДСТВЕ ПЕРЕМЫЧЕК ЖИЛЫХ И ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ

АННОТАЦИЯ

Рассмотрены технические аспекты применения сталефибробетона в производстве перемычек жилых и гражданских зданий. Показаны преимущества сталефибробетонных перемычек по сравнению со стандартными железобетонными, за счет исключения поперечной и монтажной арматуры и снижения трудозатрат при изготовлении арматурных каркасов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: сталефибробетон, перемычка, дисперсное армирование, несущая способность сечения, поперечная сила, изгибающий момент.

Ivlev M.A. – post-graduate student

Strugovets I.B. – candidate of technical sciences

Nedoseko I.V. – doctor of technical sciences, professor.

Ufa State Petroleum Technical University

STEELFIBERCONCRETE IN MANUFACTURE OF BEAMS INHABITED AND CIVIL BUILDINGS

ABSTRACT

Technical aspects of application steelfiberconcrete in manufacture of beams of inhabited and civil buildings are considered. Advantages steelfiberconcrete of beams in comparison with standard ferroconcrete, at the expense of an exception of cross-section and assembly armature and decrease in expenditures of labour at manufacturing armature of grids are shown.

KEYWORDS: steelfiberconcrete, a beam, the disperse reinforcing, bearing ability of section, the cross-section force, the bending moment.

В последнее время широкое распространение в отечественном и зарубежном строительстве получили дисперсно-армированные бетоны, в частности – сталефибробетон, как разновидность железобетона, состоящая из мелкозернистого (среднезернистого) бетона, дисперсно армированного отрезками стальной проволоки, узких полосок листовой стали и др., именуемых стальной фиброй. Фибра может иметь поперечное сечение круглое, прямоугольное, диаметром d_f от 0,2 до 1,2 мм, длиной l_f от нескольких до 160 мм с временным сопротивлением до 1500 МПа.

Как и стержневая и проволочная арматура, стальная фибра обладает значительно более высокой прочностью при растяжении (300-800 раз) и жесткостью (модулем упругости, 10-20 раз) по сравнению с матрицей – бетоном, что при достаточно хорошем сцеплении, использовании анкерующих устройств концов фибры обеспечивает значительное упрочнение бетона, в первую очередь, на растяжение.

Примерно одинаковый коэффициент линейного расширения стальной фибры и бетона матрицы ($\approx 10^{-5}$ град⁻¹) практически исключает развитие температурных напряжений в сталефибробетоне в условиях перепада температур, а характерная щелочная среда бетона (рН около 12) обеспечивает коррозионную стойкость стальной фибры.

При оптимальных процентах объемного армирования 1-2 % ($\mu_{fv} = 0,01-0,02$) прочность сталефибробетона на сжатие по отношению к бетонной матрице возрастает в среднем в 1,2-1,5 раза, прочность на растяжение, определяемая работой фибр при исключении в сечении с трещиной участия работы бетона, повышается в 2 и более раза (рис. 1).

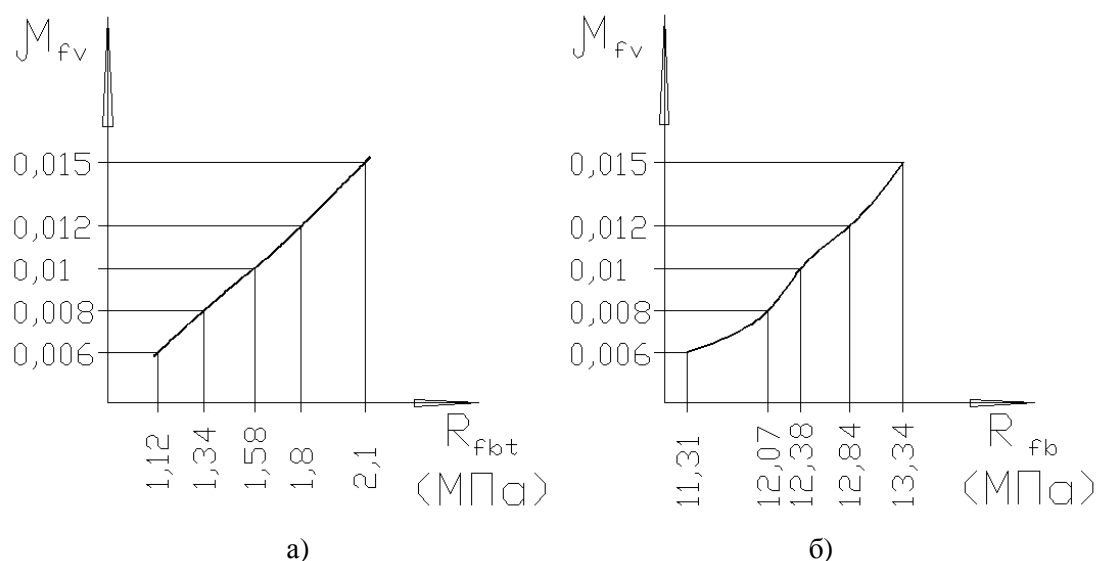
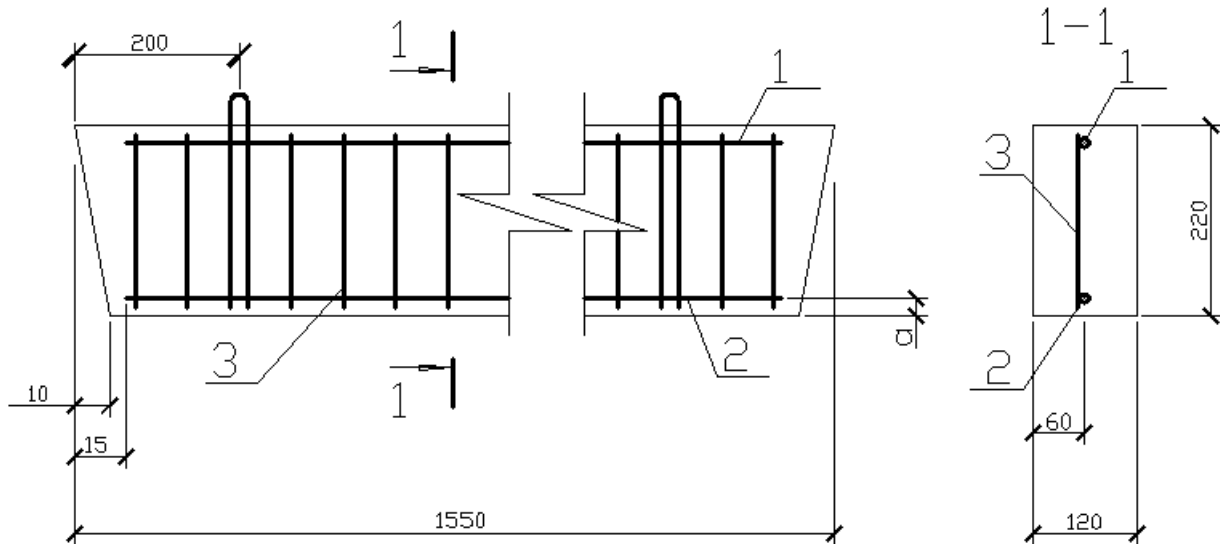


Рис. 1. Графики зависимостей расчетного сопротивления фибробетона от коэффициента дисперсного армирования μ_{fv} для бетона В20: а) расчетное сопротивление растяжению R_{fbt} , б) расчетное сопротивление сжатию R_{fb}

Наибольшая эффективность достигается с использованием стальной фибры большей длины при относительно малых размерах поперечного сечения. В этом случае возможно эффективное использование фибры не только с повышенными ($R_f \geq 700$ МПа), но и средними ($R_f \approx 400-600$ МПа) прочностными показателями. Дисперсное армирование повышает момент трещинообразования на 7-20 % и уменьшает раскрытие трещин при растяжении в несколько раз по отношению к железобетону со стержневым армированием, снижает деформации усадки и ползучести до 30 %, повышает морозостойкость, сопротивление истиранию бетона. Сталефибробетон как материал, обладающий высокой стойкостью к истиранию и морозостойкостью, с успехом применяется для полов промышленных зданий, в дорожных и аэродромных покрытиях, звеньях водоотводных лотков, обделках каналов и тоннелей, покрытиях проезжей части мостов [1, 2].

На наш взгляд, применение сталефибробетона может быть эффективным не только при строительстве объектов транспортного и специального назначения (где требуется особенно качественный бетон), но и в ряде других областей промышленного и гражданского строительства. В частности, рационально его использование в конструкциях купольных покрытий (прочности сталефибробетона достаточно для восприятия растягивающих напряжений без дополнительного традиционного армирования), а также в виде комплексного или смешанного армирования в таких массовых изделиях, как переемы для кирпичных зданий. Это позволяет значительно сократить или вообще отказаться от применения поперечной и монтажной арматуры в данных конструкциях, снизить трудозатраты на арматурные работы, ускорить процесс производства, а также удешевить себестоимость продукции.

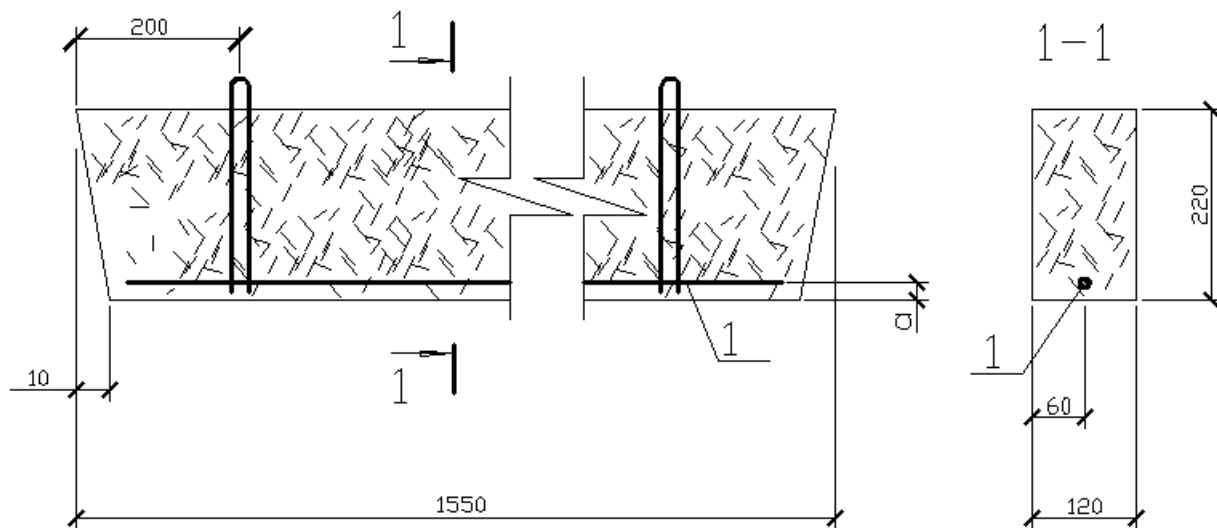
Для проверки выдвинутых предположений, в соответствии с действующими нормативами [3, 4], были произведены расчеты брусковой переемы 3ПБ16-37-п с традиционным (рис. 2) армированием (Бетон В15, продольная арматура А400 Ш14 мм; поперечная арматура А400 Ш6 мм; шаг поперечной арматуры в приопорной зоне 60 мм; в середине пролета 120 мм) и комбинированным (рис. 3) армированием (Бетон В20, продольная арматура А400 Ш 14 мм, стальная фибра ОАО «Магнитогорский калибровочный завод» с характеристиками: $R_f = 440$ МПа, $d_f = 0,85$ мм, $l_f = 40-42$ мм, $b \cdot h = 0,7 \cdot 0,8$ мм). Сталефибробетонная переемы проектировалась под те же нагрузки, но в этом случае полностью исключалась поперечная и монтажная арматура, объемный процент армирования фиброй принимался близким к минимальному ($\mu_{fv} = 0,8$ %).



Спецификация арматурных изделий

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол-во	Масса, кг
1	1,038,1-1,1 060110	∅6 АIII(A400) l=1520	1	0,34
2	1,038,1-1,1 060118	∅14 АIII(A400) l=1520	1	1,84
3	1,038,1-1,1 060109	∅6 АIII(A400) l=220	19	0,76

Рис. 2. Перемычка ЗПБ16-37-п в традиционном армировании



Спецификация арматурных изделий

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол-во	Масса, кг
1	1,038,1-1,1 060118	∅14 АIII(A400) l=1520	1	1,84

Рис. 3. Перемычка ЗПБ16-37-п на основе сталефибробетона

Результаты расчетов, выполненных согласно имеющейся нормативно-технической документации (СНиП 2.03.01-84, СП 52-101-2003 и СП 52-104-2006) по несущей способности на действие изгибающего момента и поперечных сил, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты расчетов несущей способности и трещиностойкости стандартной и сталефибробетонной перемычек

Усилие / Способ армирования	Изгибающий момент	Поперечная сила	Момент образования трещин
Комбинированное сталефибробетонное	$M_{ult}=15.24\text{кН}\cdot\text{м}$	$Q=52.72\text{кН}$	$M_{crс}=2.87\text{кН}\cdot\text{м}$
Традиционное	$M_{ult}=8.42\text{кН}\cdot\text{м}$ <i>по СП 52-101-2003 и СНиП 2.03.01-84</i>	$Q=61.51\text{кН}$ <i>по СНиП 2.03.01-84</i> $Q=46.96\text{кН}$ <i>по СП 52-101-2003</i>	$M_{crс}=1.25\text{кН}\cdot\text{м}$ <i>по СП 52-101-2003 и СНиП 2.03.01-84</i>

Данные расчеты полностью подтверждают утверждение о том, что применение сталефибробетона в данных изделиях позволит исключить поперечное армирование, существенно снизить стоимость и трудоемкость изготовления таких массовых изделий современного строительства, как перемычки жилых и гражданских зданий.

Для подтверждения выполненных расчетов были проведены натурные испытания двух типов перемычек (рис. 4) в соответствии с действующими нормативными требованиями по Серии 1.038.1-1 вып. 1 [5] на эквивалентную нагрузку (рис. 5).



Рис. 4. Испытание железобетонных перемычек марки ЗПБ 16-37 разрушающей нагрузкой

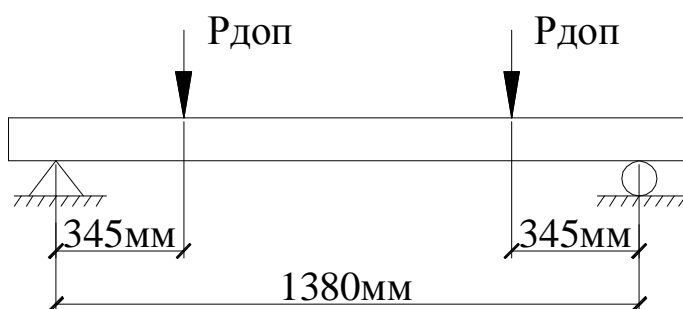


Рис. 5. Схема испытания

Таблица 2

**Сравнение данных, полученных при испытаниях стандартных
и сталефибробетонных перемычек**

Показатель Способ армирования	Фактическая контрольная кратковременная нагрузка $R_{доп}$ при проверке жесткости, кгс	Фактический прогиб от кратковременной нагрузки, мм	Фактическая контрольная нагрузка $R_{доп}$ при проверке трещиностойкости, кгс	Ширина раскрытия трещин, мм	Величина контрольной разрушающей нагрузки $R_{доп}$, кгс	Нагрузка трещинообразования $R_{доп}$, кгс	$\frac{P_{разр}}{P_{расч}}$
Стандартное армирование	1870	2.4	2255	0,22	3610	410	1,4
Сталефибробетонная перемычка	1870	1.7	2255	0,03	4350	1460	1.7

Испытания показали, что при достижении нормативной и даже расчетной нагрузки протяженных трещин со значительной шириной раскрытия не наблюдалось, кроме отдельных волосяных трещин с шириной раскрытия $a_{сгс} < 0,1$ мм. Это подтверждает повышенную трещиностойкость сталефибробетонных перемычек. При визуальном осмотре поверхности разрушенного сечения перемычки (рис. 6) видно, что стальная фибра равномерно распределена в бетонной матрице и выдергивания фибры из бетона практически не наблюдалось, что указывает на достаточно хорошее сцепление фибр с бетоном. Разрушение произошло, как и предполагалось, в результате превышения предела текучести растянутой арматуры и обрыва фибр.

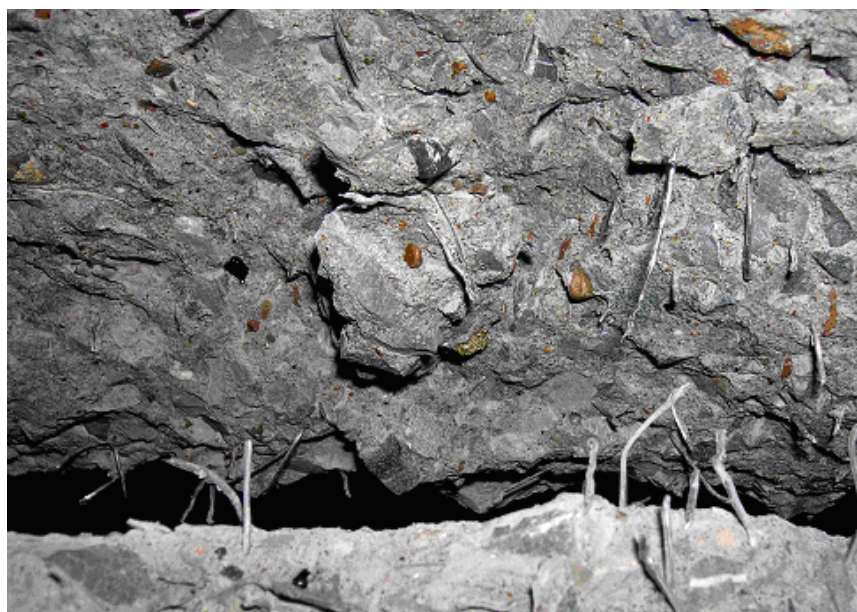


Рис. 6. Образец разрушенного сечения сталефибробетонной перемычки

Проведенные испытания позволяют сделать вывод о том, что сталефибробетонные перемычки могут составить конкуренцию стандартным железобетонным перемычкам. Они не только более технологичны в изготовлении (за счет исключения затрат на изготовление арматурного каркаса), но и имеют лучшие показатели по прочности, трещиностойкости и ударной выносливости. Данные обстоятельства позволяют рекомендовать сталефибробетонные перемычки к масштабному внедрению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабков В.В., Мохов В.Н., Давлетшин М.Б. Технологические возможности повышения ударной выносливости цементных бетонов // Строительные материалы, 2003, № 10. – С. 19-20.
2. Аминов Ш.Х., Струговец И.Б., Недосеко И.В., Климов В.П., Бабков В.В. Водопропускные трубы для автомобильных дорог из сталефибробетона // Строительные материалы, 2003, № 10. – С. 21.
3. Рабинович Ф.Н. Дисперсно армированные бетоны. – М.: Стройиздат, 1989. – 176 с.
4. Рекомендации по проектированию и изготовлению сталефибробетонных конструкций. – М.: НИИЖБ Госстроя СССР, 1987. – 148 с.
5. Серия 1.038.1-1 вып. 1. Перемычки железобетонные для зданий с кирпичными стенами.