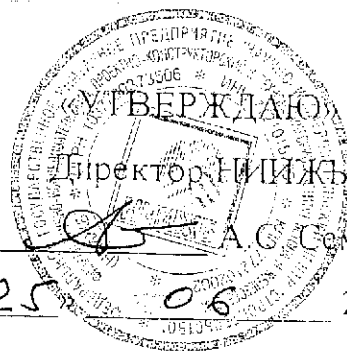




ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ, ПРОЕКТНО-
КОНСТРУКТОРСКИЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
БЕТОНА И ЖЕЛЕЗОБЕТОНА
имени А.А. ГВОЗДЕВА
ФИЛИАЛ ФГУП «НИЦ «СТРОИТЕЛЬСТВО»

НИИЖБ им. А.А. Гвоздева

Лаборатории № 5



Директор НИИЖБ

А.С. Семченков

« 25 06 2008 г.

НАУЧНО – ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ


по теме: «Разработка нормативной и технической документации на стальную фибру производства РУП «БМЗ» для дисперсного армирования железобетонных конструкций»

Договор №303/3-96-08/ЖБ от 12 февраля 2008г.


Часть 2. Рекомендации по проектированию и применению сталефибробетонных конструкций на фибре из стальной проволоки производства РУП «БМЗ»

Разработчики:

Зав. лабораторией конструкций
из дисперсно-армированного
бетона НИИЖБ, к.т.н.

 Волков И.В.

Научный сотрудник

 Бабекин В.В.

Техник

 Шибодаева Г.З.

Москва - 2008г.

Настоящие Рекомендации разработаны «НИИЖБ» - филиалом ФГУП «НИЦ Строительство» с целью создания возможности проектирования, производства и широкого применения строительных конструкций и сооружений из сталефибробетона на стальной фибре, выпускаемой РУП «БМЗ» по ТУ 14-1-5564-2008 из низко- и высокоуглеродистой проволоки.

Рекомендации разработаны на основе и в развитие следующих документов:

СНиП 52-01-2003 «Бетонные и железобетонные конструкции».

СНиП 2.03.01-84* «Бетонные и железобетонные конструкции».

СНиП 2.03.03-85 «Армоцементные конструкции».

«Рекомендации по проектированию и изготовлению сталефибробетонных конструкций» НИИЖБ, Москва, 1987.

ВСН 56-97. «Проектирование и основные положения технологии производства фибробетонных конструкций». Москва, 1997г.

ВНП 001-01, Банка России. «Здания территориальных главных управлений национальных банков и расчётно-кассовых центров Центрального Банка Российской Федерации». Москва, 2001г.

ВСП 103-97, Банка России. «Сталефибробетонные ограждения защищаемых помещений Центрального Банка РФ. Правила производства работ, контроля качества и приёмки». Москва, 1997г.

Рекомендации разработаны: кандидатом технических наук Волковым И.В. (руководитель) и инженером Бабекиным В.В.

Рекомендации разработаны по договору №303/З-96-08/ЖБ от 12.02.2008г. с ООО «Торговый Дом БМЗ» и предназначены для инженерно-технических работников проектных, научно-исследовательских и производственных организаций.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	IV
1. Область применения	1
2. Ссылки на нормативные и руководящие документы	3
3. Определения	3
4. Общие положения	4
5. Проектирование сталефибробетонных конструкций	4
5.1. Основные требования и рекомендации	4
5.2. Материалы для сталефибробетонных конструкций	9
5.3. Расчет сталефибробетонных конструкций по предельным состояниям первой группы	12
5.4. Расчет сталефибробетонных конструкций по предельным состояниям второй группы	24
5.5. Конструктивные требования	31
6. Технология изготовления сталефибробетона.	33
6.1. технические требования к сталефибробетонной смеси	33
6.2. Требование к материалам	34
6.3. Технология приготовления сталефибробетонной смеси	35
6.4. Правила контроля	37
6.5. Методы контроля	39
Приложения.	
Приложение А. Терминология	42
Приложение Б. Основные буквенные обозначения	43
Приложение В. Перечень проектной документации на сталефибробетонные конструкции	44
Приложение Г. Список рекомендуемой научно-технической литературы по сталефибробетону	46
Приложение Д. Области применения сталефибробетона в строительных конструкциях	47
Приложение Е. Примеры применения сталефибробетона в жилищном строительстве	48
Приложение Ж. ТУ 14-1-5564-2008 «Фибра из стальной проволоки для армирования бетона	49

Введение

В мировом производстве строительных конструкций всё более широко применяется сталефибробетон, т.е. бетон, армированный отрезками стальных волокон (фибрами) и являющийся по сути разновидностью железобетона. Опыт проектирования, производства и эксплуатации сталефибробетонных конструкций в различных областях строительства показал высокую технико-экономическую эффективность их применения.

В настоящее время РУП «БМЗ» производит в промышленных объёмах стальную фибру, рубленую из тонкой стальной проволоки по разработанной и лицензированной технологии.

Указанная фибра трех типов и нескольких типоразмеров (марок) выпускается по ТУ 14-1-5564-2008, разработанным «НИИЖБ», и предназначена для армирования бетона. Однако ее применение для производства сталефибробетонных конструкций массового назначения не было бы возможным, т.к. применение этой фибры не предусмотрено каким-либо нормативно-техническим документом в развитие СНиП 52-01-2003. Это объясняется тем, что на момент разработки указанного документа данной фибры не было в отечественной практике производства.

К настоящему времени накоплен достаточно большой зарубежный и отечественный опыт по исследованиям и применению сталефибробетона на фибре из проволоки, аналогичной производимой РУП «БМЗ». Это позволило разработать настоящие Рекомендации, дающие возможность широкого применения фибры для проектирования, производства и применения сталефибробетонных строительных конструкций различного назначения.

Настоящие Рекомендации разработаны в развитие действующих норм и содержат положения и рекомендации по проектированию, изготовлению и применению конструкций из сталефибробетона на основе фибры, выпускаемой РУП «БМЗ» по ТУ 14-1-5564-2008.

1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Сталефибробетонные строительные конструкции различного назначения следует проектировать, изготавливать и применять, руководствуясь системой действующих нормативных документов в строительстве и настоящими Рекомендациями.

Настоящие Рекомендации распространяются на проектирование сталефибробетонных элементов, конструкций, зданий и сооружений, как вновь сооружаемых, так и реконструируемых, а также на производство сталефибробетонных товарных смесей, сборных, сборно-монолитных и монолитных сталефибробетонных конструкций.

2. ССЫЛКИ НА НОРМАТИВНЫЕ И РУКОВОДЯЩИЕ ДОКУМЕНТЫ.

В настоящих Рекомендациях использованы ссылки на следующие документы, принятые в Российской Федерации:

- | | |
|------------------|--|
| СТ. СЭВ 1406-78 | «Конструкции бетонные и железобетонные. Основные положения проектирования». |
| СТ. СЭВ 1565-79 | «Нормативно-техническая документация в строительстве. Буквенные обозначения». |
| СНиП 52-01-2003 | «Бетонные и железобетонные конструкции. Общие положения». |
| СНиП 2.03.01-84* | «Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования». |
| СНиП 2.03.03-85. | «Армоцементные конструкции». |
| СНиП 2.03.11-85 | «Защита строительных конструкций от коррозии». |
| СНиП 3.01.01-85* | «Несущие и ограждающие конструкции». |
| СНиП 3.09.01-85 | «Производство сборных железобетонных конструкций и изделий». |
| СП 52-101-2003 | «Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры» |
| СП 52-102-2004 | «Предварительно напряженные железобетонные конструкции» |
| СП 52-104-2006 | «Сталефибробетонные конструкции» |
| ГОСТ 26633-91 | «Бетоны тяжёлые и мелкозернистые. Технические условия». |
| ГОСТ 27006-86 | «Бетоны. Правила подбора состава». |
| ГОСТ 10178-85 | «Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия». |
| ГОСТ 310.1-76. | «Цементы. Методы испытаний. Общие положения». |
| ГОСТ 30515-97 | «Цементы. Общие технические условия». |
| ГОСТ 8736-93 | «Песок для строительных работ. Технические условия». |

- ГОСТ 8267-93 «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ».
- ГОСТ 23732-79 «Вода для бетонов и растворов. Технические условия».
- ГОСТ 8735-88 «Песок для строительных работ. Методы испытаний».
- ГОСТ 8269-87 «Щебень из природного камня, гравий и щебень из гравия для строительных работ. Методы испытаний».
- ГОСТ 24211-91 «Добавки для бетонов. Классификация».
- ГОСТ 7473-94 «Смеси бетонные. Технические условия».
- ГОСТ 10181-2000 «Смеси бетонные. Общие требования к методам испытаний».
- ГОСТ 18105-86 «Бетоны. Правила контроля прочности».
- ГОСТ 10180-90 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам».
- ГОСТ 10060.0-95 «Бетоны. Методы определения морозостойкости».
- ГОСТ 12730.5-84* «Бетоны. Методы определения водонепроницаемости».
- ГОСТ 12730.1-78 «Бетоны. Метод определения плотности».
- ГОСТ 28570-90 «Бетоны. Методы определения прочности по образцам, отобраным из конструкций».
- ГОСТ 13087-81 «Бетоны. Методы определения истираемости».
- ГОСТ 25818-91 «Золы-уноса тепловых электростанций для бетона. Технические условия».
- ГОСТ 22690-88 «Бетон. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля».
- ВСН 56-97 «Проектирование и основные положения технологий производства фибробетонных конструкций». Департамент Строительства. Москва, 1997г.
- ВНП 001-01 «Банк России. Здания территориальных главных управлений национальных банков и расчетно-кассовых центров Центрального Банка Российской Федерации». Москва, 2001г.
- ВСП 103-97 «Банк России. Сталефибробетонные ограждения защищаемых помещений Центрального Банка РФ. Правила производства работ, контроля качества и приёмки». Москва, 1997г.
- «Рекомендации по проектированию и изготовлению сталефибробетонных конструкций». НИИЖБ, ЛенЗНИИЭП, ЦНИИПромзданий. Москва, 1987г.
- «Рекомендации по подбору составов тяжелых и мелкозернистых бетонов» (к ГОСТ 27006-86). М.НИИЖБ, ВНИИЖБ Госстроя СССР, Оргэнергострой, Минэнерго СССР, 1990г.
- «Рекомендации по применению добавок суперпластификаторов в производстве сборного и монолитного железобетона». М.НИИЖБ, ЦНИИОМТП, 1987.

«Рекомендации по расчёту бетонных подстилающих слоёв полов производственных зданий с учётом экономической ответственности». ЦНИИПромзданий, Госстроя РФ. М. 1987г.

«Руководство по технологии формования железобетонных изделий». М. Стройиздат, 1977г.

«Руководство по проектированию железобетонных пространственных конструкций покрытий и перекрытий». М. НИИЖБ Госстроя СССР. 1979г.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЯ.

В настоящих Рекомендациях приняты термины в соответствии с приложением А к СНиП 10-01-94 и приложением А к настоящим Рекомендациям.

Основные буквенные обозначения и индексы к буквенным обозначениям, принятые в настоящих Рекомендациях согласно СТ СЭВ 1565-79, приведены в Приложении Б. Другие условные обозначения и индексы к ним приняты согласно СНиП 52-01-2003, СП 52-101-2003; СП 52-102-2004; СП 52-104-2006 и СНиП 2.03.03-85.

4. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

4.1. Настоящие Рекомендации распространяются на проектирование и изготовление элементов несущих и ограждающих конструкций, зданий и сооружений различного назначения из сталефибробетона.

Сталефибробетон является разновидностью дисперсно армированного железобетона и изготавливается из мелкозернистого или тяжелого бетона (бетон-матрица), в котором в качестве арматуры используются стальные фибры, равномерно распределенные по объёму бетона. Совместность работы бетона и стальных фибр обеспечивается за счёт сцепления по их поверхности и наличия анкеров на концах фибр.

4.2. Положения настоящих Рекомендаций распространяются только на случаи применения стальной фибры, выпускаемой РУП «Белорусский металлургический завод» по ТУ 14-1-..... 2008.

4.3. Настоящие Рекомендации содержат положения по проектированию сталефибробетонных конструкций, предназначенных для работы при систематическом воздействии температуры не выше 50°C и не ниже -70°C

При проектировании сталефибробетонных конструкций, предназначенных для работы в среде с агрессивной степенью воздействия на железобетонные конструкции, необходимо учитывать дополнительные требования, предъявляемые к таким конструкциям соответствующими нормативными документами.

По показателям прочности бетона-матрицы приняты классы бетона в соответствии с СТ СЭВ 1406-78.

4.4. Сталефибробетонные конструкции в зависимости от их армирования подразделяются на конструкции:

с фибровым армированием – при их армировании только стальными фибрами, равномерно распределенными по объёму элемента*;

с комбинированным армированием – при их армировании стальными фибрами, в сочетании со стержневой или проволочной арматурой (как в железобетоне).

*Допускается применения фибрового армирования части сечения элемента (зонное фибровое армирование) при соответствующем обосновании и согласовании с «НИИЖБ».

5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАЛЕФИБРОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

5.1. Основные требования и рекомендации.

5.1.1. Сталефибробетонные конструкции согласно СТ СЭВ 1406-78, СНиП 52-01-2003 должны быть обеспечены с требуемой надежностью от возникновения всех видов предельных состояний расчетом, выбором материалов, назначением размеров и конструированием.

5.1.2. Применение сталефибробетонных конструкций в средах с агрессивным воздействием на конструкции из бетона и железобетона допускается при выполнении требований, установленных СНиП 2.03.11-85, СНиП 2.03.03-85 и настоящих Рекомендаций.

5.1.3. Выбор конструктивных решений сталефибробетонных конструкций следует производить, исходя из технико-экономической целесообразности применения таких конструкций в конкретных условиях строительства с учетом максимального снижения их материало-, трудо-, энергоёмкости и стоимости, с учетом повышения долговечности и увеличения межремонтного ресурса.

Сталефибробетон рекомендуется применять в конструкциях зданий и сооружений, для которых существенное значение имеют: снижение собственного веса, уменьшение раскрытия трещин, обеспечение водонепроницаемости бетона, повышение: ударной стойкости, сопротивления истиранию, продавливанию и долговечности.

5.1.4. Сталефибробетон рекомендуется для изготовления конструкций, в которых наиболее эффективно могут быть использованы следующие его технические преимущества по сравнению с традиционным железобетоном:

-повышенные трещиностойкость, ударная прочность, вязкость разрушения, износостойкость, морозостойкость, сопротивление кавитации;

-пониженные усадка и ползучесть;

-возможность использования более эффективных конструктивных решений, чем при обычном армировании, например, тонкостенных конструкций, конструкций без стержневой или сетчатой распределительной и поперечной арматуры, тонкостенных конструкций со стержневой растянутой арматурой, не доводящейся до опоры и др.;

-снижение трудозатрат на арматурные работы, повышение степени механизации и автоматизации производства железобетонных конструкций, например, в сборных тонкостенных оболочках, складках, ребристых плитах покрытий и перекрытий, сборных колоннах, балках, монолитных днищах емкостных сооружений, дорожных и аэродромных покрытиях; монолитных и сборных полах промышленных и общественных зданий и др.;

-возможность применения новых, более производительных приемов формования армированных конструкций, например, торкретирование, погип свежееотформованных листовых изделий, роликное прессование и др.

5.1.5. При выборе конструктивных решений следует учитывать методы изготовления, монтажа и условия эксплуатации конструкций.

Форму и размеры сечений элементов следует принимать, исходя из наиболее полного учета свойств сталефибробетонных конструкций, возможности заводского механизированного и автоматизированного изготовления, удобства транспортирования и монтажа.

5.1.6. Сталефибробетонные конструкции могут изготавливаться, с учетом положений настоящих Рекомендаций, различными технологическими приемами: предварительным приготовлением смеси в заводских условиях или в бетоносмесителях, уплотнением с помощью вибрирования и вакуумирования, роликным формованием и прессованием, торкретированием и центрифугированием.

5.1.7. Для изготовления сталефибробетона в качестве бетона-матрицы применяется мелкозернистый или тяжелый бетон по ГОСТ 26633-91.

5.1.8. Для фибрового армирования используется фибра, изготавливаемая из холоднотянутой проволоки по ТУ 14-1-5564 2008, приведенным в Приложении Ж и представляет собой отрезки стальной проволоки номинальной длиной 12мм, 22мм, 30 мм и 60мм, которым придана требуемая форма. Фибры имеют форму и размеры, приведенные в ТУ 14-1-5564-2008 (см. Приложение Ж).

5.1.9. При проектировании сталефибробетонных конструкций следует руководствоваться общими положениями и соблюдать основные расчетные требования СНиП 52-01-2003, СП 52-101-2003; СП 52-102-2004; СНиП 2.03.03-85 и настоящих Рекомендаций.

5.1.10. Сталефибробетон без комбинированного армирования рекомендуется применять в элементах конструкций:

работающих преимущественно на ударные нагрузки, истирание и продавливание;

работающих на сжатие или изгиб при условиях, указанных в п.4.1.2 СП 52-101-2003;

работающих на изгиб при соблюдении условий, исключающих их хрупкое разрушение.

5.1.11. Расчет сталефибробетонных конструкций производят по несущей способности (предельные состояния первой группы) и по пригодности к нормальной эксплуатации (предельные состояния второй группы) согласно основным положениям СНиП 52-01-2003, СНиП 2.03.03-85 и настоящих Рекомендаций, учитывающих следующие особенности сталефибробетонных конструкций: дисперсность армирования; возможную тонкостенность конструкции; уменьшенный по сравнению с бетонным защитный слой для стержневой или проволочной арматуры при комбинированном армировании.

5.1.12. Расчет сталефибробетонных конструкций по предельным состояниям выполняется, по аналогии с расчетом железобетонных или армоцементных конструкций с учетом расчетных характеристик сталефибробетона R_{fb} , R_{fb} и др. в соответствии с положениями пп.5.1-5.18 настоящих Рекомендаций.

5.1.13. Трещиностойкость сталефибробетонных конструкций с комбинированным или только фибровым армированием должна отвечать требованиям п.1.13 СНиП 2.03.03-85 и пп.5.1.14, настоящих Рекомендаций, а категория требований к ней назначаться в соответствии с видом армирования и классом применяемой стержневой или проволочной арматуры.

5.1.14. Категории требований к трещиностойкости сталефибробетонных конструкций в зависимости от условий их работы и вида арматуры, а также величины предельно допустимой ширины раскрытия трещин приведены в табл.1.

5.1.15. Средняя плотность тяжелого или мелкозернистого бетона-матрицы, учитываемая при расчете сталефибробетонных конструкций, принимается по СНиП 2.03.01-84* с учетом указаний п.5.2.1. настоящих Рекомендаций.

5.1.16. В рабочих чертежах конструкций из сталефибробетона в случае необходимости кроме требуемого расхода фибры на 1 м^3 сталефибробетонной смеси, приводятся требования к ориентации и распределению фибровой арматуры, а также сведения о технологических приемах изготовления, обеспечивающих выполнение этих требований.

5.1.17. Содержание фибр в сталефибробетоне (расход на 1 м^3 СФБ смеси) определяется требованиями к его физико-механическим свойствам, назначаемым из условий применения.

В зависимости от области применения сталефибробетона содержание в нем фибры может быть рекомендовано следующим, в $\text{кг}/\text{м}^3$:

- плиты промышленных полов	- 20-40;
- конструкции малоэтажных жилых домов	- 25-50;
- конструкции и сооружения, эксплуатирующиеся в условиях воздействия окружающей среды	- 40-120;
- конструкции тоннелей, дорог и т.п.	- 50-100;
- защитные, морские сооружения и др. особые случаи	- 100-120.

5.1.18. Определение усилий в сталефибробетонных элементах, работающих как тонкостенные пространственные конструкции, производится в соответствии с «Руководством по проектированию железобетонных пространственных конструкций покрытий и перекрытий» (М., НИИЖБ, 1979).

Таблица 1

Категории требований к трещиностойкости сталефибробетонных конструкций и предельно допустимая ширина непродолжительного ($\alpha_{\text{тр}1}$) и продолжительного ($\alpha_{\text{тр}2}$) раскрытия трещин

Условия работы элементов конструкций	Категории требований к трещиностойкости сталефибробетонных конструкций и предельно допустимая ширина $\alpha_{\text{тр}1}$ и $\alpha_{\text{тр}2}$, мм, раскрытия трещин при армировании			
	Фибровом*	Комбинированном		
		Со стержневой арматурой классов А-1, А-П, А-Ш и проволоочной арматурой класса Вр-1	Со стержневой арматурой классов А-1У, А-У, Ат-1У, Ат-У и проволоочной арматурой классов В-П, Вр-П, К-7 при диаметре 4 мм и более	Со стержневой арматурой класса Ат-У1 и проволоочной арматурой классов В-П, Вр-П и К-7 при диаметре менее 4 мм
1	2	3	4	5
Элементы: 1.С полностью растянутым или частично сжатым сечением: воспринимающие давление жидкостей или газов, а также эксплуатируемые в грунте ниже уровня грунтовых вод или при слабоагрессивной степени воздействия среды на бетон	<u>1-я</u>	<u>2-я</u> $\alpha_{\text{тр}1} = 0,05$ $\alpha_{\text{тр}2} = 0,03$	<u>1-я</u>	<u>1-я</u>
2. Эксплуатируемые в отапливаемых зданиях с относительной влажностью внутреннего воздуха помещений выше 75%, а также на открытом воздухе и в неотапливаемых зданиях в условиях увлажнения атмосферными осадками, а также эксплуатируемые в грунте выше уровня грунтовых вод	<u>2-я</u> $\alpha_{\text{тр}1} = 0,05$ $\alpha_{\text{тр}2} = 0,03$	<u>2-я</u> $\alpha_{\text{тр}1} = 0,1$ $\alpha_{\text{тр}2} = 0,05$	<u>1-я</u>	<u>1-я</u>

Продолжение табл. 1

1	2	3	5	6
3. Эксплуатируемые в отапливаемых зданиях с относительной влажностью внутреннего воздуха помещения от 60 до 75% на открытом воздухе и в неотапливаемых зданиях при наличии защиты конструкций от систематического воздействия атмосферных осадков или от выпадения конденсата	<u>2-я</u> $\alpha_{сгс1} = 0,07$ $\alpha_{сгс2} = 0,05$	<u>2-я</u> $\alpha_{сгс1} = 0,15$ $\alpha_{сгс2} = 0,1$	<u>2-я</u> $\alpha_{сгс1} = 0,07$ $\alpha_{сгс2} = 0,05$	<u>1-я</u>
4. Эксплуатируемые в отапливаемых зданиях с относительной влажностью внутреннего воздуха помещений до 60% и при отсутствии возможности систематического увлажнения конструкции конденсатом или атмосферными осадками	<u>2-я</u> $\alpha_{сгс1} = 0,15$ $\alpha_{сгс2} = 0,1$	<u>2-я</u> $\alpha_{сгс1} = 0,2$ $\alpha_{сгс2} = 0,15$	<u>2-я</u> $\alpha_{сгс1} = 0,15$ $\alpha_{сгс2} = 0,1$	<u>2-я</u> $\alpha_{сгс1} = 0,05$ $\alpha_{сгс2} = 0,03$

- Применение только фибрового армирования допускается при специальном обосновании

5.1.19. Области возможного применения сталефибробетона в строительстве приведены в Приложениях Д и Е.

5.1.20. Проектирование защитных конструкций банковских хранилищ ценностей и других аналогичных сооружений следует выполнять с учётом требований ВНП 001-01 - Банка России [28].

Дополнительные указания по проектированию предварительно напряженных конструкций

5.1.21. Предварительно напряженные сталефибробетонные конструкции следует проектировать в соответствии с требованиями СП 52-102-2004, пп.1.21, 1.23 и 1.25 СНиП 2.03.03-85 и п.п.5.1.23 и 5.1.24 настоящих Рекомендаций.

5.1.23. Потери предварительного напряжения арматуры: для сталефибробетонных конструкций следует определять по указаниям пп.1.25-1.27 СНиП 2.03.01-84*, как для тяжелого или мелкозернистого бетона, соответственно виду применяемого бетона-матрицы.

При этом значения потерь предварительного напряжения от усадки и ползучести бетона принимаются по табл.5 СНиП 2.03.01-84* с умножением на понижающий коэффициент, учитывающий влияние фибрового армирования и принимаемый равным:

0,95 – при $0,005 \leq \mu_{fv} \leq 0,007$;

0,90- при $0,007 < \mu_{fv} \leq 0,01$;

0,85- при $\mu_{fv} > 0,01$.

5.1.24. Длину зоны передачи напряжений для напрягаемой арматуры без анкеров следует определять по формуле 11, п.2.29 СНиП 2.03.01-84* с заменой в ней значения R_{bp} (для бетона) на значение R_{fbr} (для сталефибробетона).

5.2.МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СТАЛЕФИБРОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Бетон (матрица)

5.2.1 Для сталефибробетонных конструкций следует применять тяжелый или мелкозернистый бетон со средней плотностью не менее 2200 кг/м^3 в соответствии с ГОСТ 26633-91.

5.2.2. Для сталефибробетонных конструкций в зависимости от их вида и условий работы рекомендуется применять бетоны следующих видов, классов и марок:

а) классов по прочности на сжатие: тяжелый или мелкозернистый бетон группы А (нормального твердения или подвергнутый тепловой обработке, на песке с модулем крупности свыше 2,0) – В20, В25, В30, В35, В40, В45; В50 и В60;

б) классов по прочности на осевое растяжение – В_t 1,6; В_t2; В_t2,4 ;В_t2,8; В_t 3,2; и В_t 3.в и В_t 4.0;

в) марок по морозостойкости – F50; F 75, F 100, F 150, F 200, F 250, F 300, F 400, и F 500;

г) марок по водонепроницаемости – W4, W6, W8, W10, W12, W14, W16, W18 и W20.

Допускается применение бетона промежуточных классов по прочности.

5.2.3. Возраст сталефибробетона, отвечающий его классу по прочности на сжатие и осевое растяжение, назначается при проектировании, исходя из возможных реальных сроков фактического нагружения конструкций проектными нагрузками, способа возведения и условий твердения бетона. При отсутствии этих данных класс устанавливается в возрасте 28 сут.

Значение отпускной прочности сталефибробетона в элементах сборных конструкций назначается согласно указаниям ГОСТ 13015.0-83 и стандартов или Технических условий на конструкции конкретных видов.

5.2.4. Для предварительно напряженных сталефибробетонных элементов класс бетона по прочности на сжатие, в котором расположена напрягаемая арматура, принимается не ниже указанного в табл.8 СНИП 2.03.01-84* в зависимости от вида и класса напрягаемой арматуры, её диаметра и наличия анкерных устройств.

5.2.5. Требования по морозостойкости и водонепроницаемости к сталефибробетону принимаются в зависимости от условий работы сталефибробетонных конструкций в соответствии с указаниями п.2.9 СНИП 2.03.01-84* по аналогии с бетонными и железобетонными конструкциями.

5.2.6. Для замоноличивания стыков сталефибробетонных элементов следует принимать бетон класса и марок в зависимости от условий работы соединяемых элементов, но не менее чем класс и марки бетона соединяемых элементов согласно указаниям п.2.10 СНИП 2.03.01-84*.

Нормативные и расчетные характеристики бетона (матрицы)

5.2.7 Нормативные и расчетные сопротивления тяжелого или мелкозернистого бетона-матрицы, а также коэффициенты условий работы принимаются согласно указаниям СП 52-101-2003 и пп. 2.11-2.13 СНИП 2.03.01-84*.

5.2.8. Значения начального модуля упругости E_b , коэффициента линейной температурной деформации α_{bt} , начального коэффициента поперечной деформации (коэффициента Пуассона) и модуля сдвига принимаются: для мелкозернистого бетона в соответствии с указаниями пп. 2.11-2.13 СНИП 2.03.03-85; для тяжелого бетона по СНИП 2.03.01-84*

Арматура

5.2.9. Для фибрового армирования сталефибробетонных конструкций принимается фибра по ТУ 14-1-2008. Технические условия на изготовление фибры приведены в приложении К.

5.2.10. Процент фибрового армирования по объёму (расход фибры на 1м^3 фибробетонной смеси) указывается в проектной документации на изделие, конструкцию или сооружение.

5.2.11. Стержневая или проволочная арматура для комбинированно армированных сталефибробетонных конструкций, а также закладные детали принимаются в соответствии с указаниями СНИП 52-01-2003, СП 52-101-2003 и СП 52-102-2004..

Нормативные и расчетные характеристики арматуры

5.2.12. За нормативное сопротивление растяжению фибровой арматуры R_{fn} принимается наименьшее контролируемое значение временного сопротивления разрыву, определяемое как отношение разрывного усилия к номинальной площади поперечного сечения фибры. Указанная контролируемая характеристика фибровой арматуры принимается в соответствии с ТУ 14-1-5564-2008.

5.2.13. Расчетное сопротивление фибровой арматуры растяжению для предельных состояний первой группы R_f определяется путем деления нормативного сопротивления на коэффициент надежности по фибровой арматуре γ_f , указанный в табл.2.

5.2.14. Нормативное сопротивление, коэффициенты надежности и расчетное сопротивление растяжению для предусмотренной в настоящих Рекомендациях фибровой арматуры приведены в табл.2.

5.2.15. Модуль упругости стальной фибровой арматуры E_f , принимается равным $1,9 \cdot 10^5$ МПа.

5.2.16. При комбинированном армировании нормативные и расчетные сопротивления стержневой и проволочной арматуры, коэффициенты условий работы и модули упругости этой арматуры принимаются согласно указаниям СП 52-101-2003 и СП 52-102-2004.

Таблица 2

Нормативные сопротивления, коэффициенты надежности
и расчетные сопротивления фибры

Вид (марка)фибровой арматуры	Нормативные сопротивления растяжению R_{fn} и расчетные сопротивления растяжению для предельных состояний второй группы $R_{f,ser}$, МПа	Коэффициент надежности по фибровой арматуре γ_f при расчете конструкций по предельным состояниям		Расчетные сопротивления растяжению фибровой арматуры для предельных состояний первой группы R_f , МПа (кгс/см ²)
		Первой группы	Второй группы	
Фибра стальная рубленая из проволоки, выпускаемая РУП «БМЗ» по ТУ 14-1-5564-2008 марки:				
Типа СФН	900	1,10	1,00	820
Типа СФВ	1200	1,10	1,00	1090

5.3. РАСЧЕТ СТАЛЕФИБРОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПО ПРЕДЕЛЬНЫМ СОСТОЯНИЯМ ПЕРВОЙ ГРУППЫ

5.3.1. При расчете сталефибробетонных конструкций по прочности, они рассматриваются как железобетонные с фибровой арматурой, равномерно распределенной по всему объёму (сечению) или его части (при зонном фибровом армировании).

5.3.2. Расчет сталефибробетонных конструкций по предельным состояниям первой группы производится по методике СНиП 2.03.03-85 аналогично армоцементным конструкциям и согласно пп.5.3.3-5.3.23 настоящих Рекомендаций.

5.3.3. Расчет элементов сталефибробетонных конструкций по прочности производится для сечений, нормальных и наклонных к продольной оси. В случае надобности производится расчет элементов на местное действие нагрузки.

5.3.4. Расчет элементов сталефибробетонных конструкций на смятие следует производить согласно СП 52-101-2003 с заменой значений: R_b на R_{fb} и R_{bt} на R_{fbt} , а на продавливание – по указаниям п.5.3.23 настоящих Рекомендаций.

Расчет по прочности сечений, нормальных к продольной оси элемента

5.3.5. При расчёте по прочности предельные усилия в сечении, нормальном к продольной оси элемента определяются, исходя из следующих предпосылок и расчетных схем, представленных на рис.1- (общий случай) и рис. 2-7:

сопротивление сталефибробетона сжатию выражается напряжениями, равными R_{fb} , равномерно распределёнными в пределах частей сечения элемента в сжатой зоне;

сопротивление сталефибробетона растяжению выражается напряжениями, равными R_{fbt} , равномерно распределенными в пределах частей сечения элемента в растянутой зоне;

напряжения в стержневой или проволочной арматуре, расположенной в сжатой зоне сечения, принимаются постоянными и не более R_{sc} и R_{spc} ;

напряжения в стержневой или проволочной арматуре, расположенной в растянутой зоне сечения, принимаются постоянными и не более R_s и R_{sp} .

При этом значения сопротивления сталефибробетона сжатию R_{fb} и растяжению R_{fbt} могут изменяться в пределах частей сечения элемента, в зависимости от его формы и размеров, что учитывается расчетом в соответствии с п.п. 5.3.6-5.3.12 настоящих Рекомендаций.

5.3.6. Расчетное сопротивление растяжению сталефибробетона R_{fbt} определяется в зависимости от класса бетона, геометрии и размеров сечения элемента в соответствии с указаниями п.п.5.3.7-5.3.9 настоящих Рекомендаций.

5.3.7. При определении R_{fbt} различаются два случая:

1-ый случай: сопротивление растяжению сталефибробетона исчерпывается из-за обрыва некоторого количества фибр и выдергивания остальных, что определяется условием

$$\ell_{f,an} < \frac{\ell_f}{2}. \quad (1)$$

2-ой случай: сопротивление растяжению сталефибробетона исчерпывается из-за выдергивания из бетона условно всех фибр, что определяется условием

$$\ell_{f,an} \geq \frac{\ell_f}{2}. \quad (2)$$

В формулах 1 и 2 $\ell_{f,an}$ - длина заделки фибры в бетоне, обеспечивающая ее разрыв при выдергивании, определяемая по формуле

$$\ell_{f,an} = \frac{\eta \cdot d_f \cdot R_{f,ser}}{R_{b,ser}}, \quad (3)$$

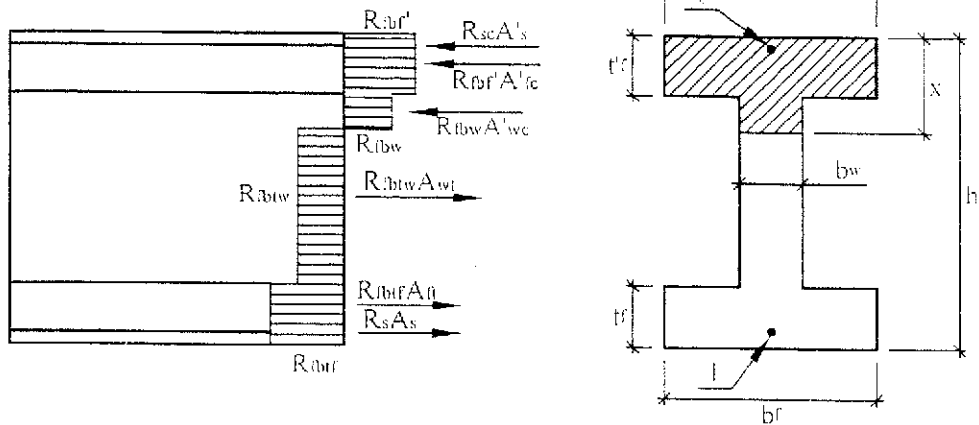


Рис.1. Схема внутренних усилий и эпюры напряжений в сечении, нормальном к продольной оси элемента (общий случай)

1 - сосредоточенная стержневая или проволочная

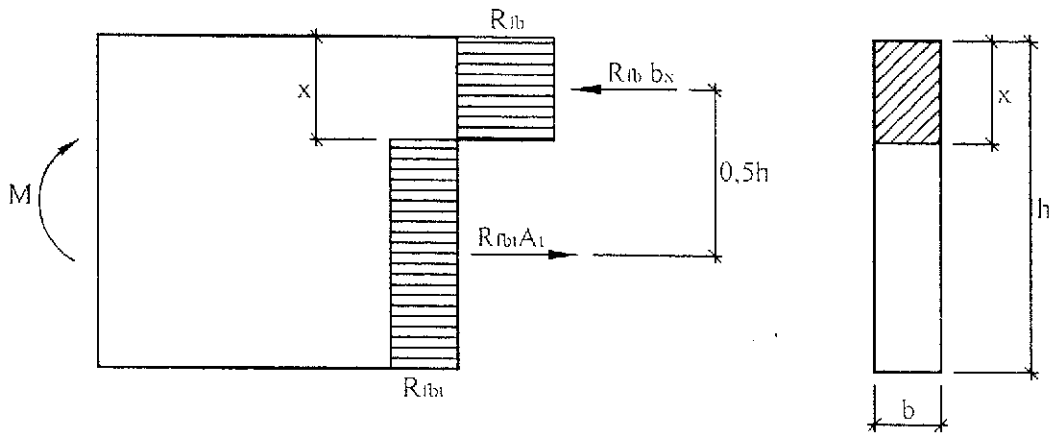


Рис.2. Схема усилий и эпюра напряжений в сечении, нормальном к продольной оси изгибаемого элемента прямоугольного сечения при фибровом армировании

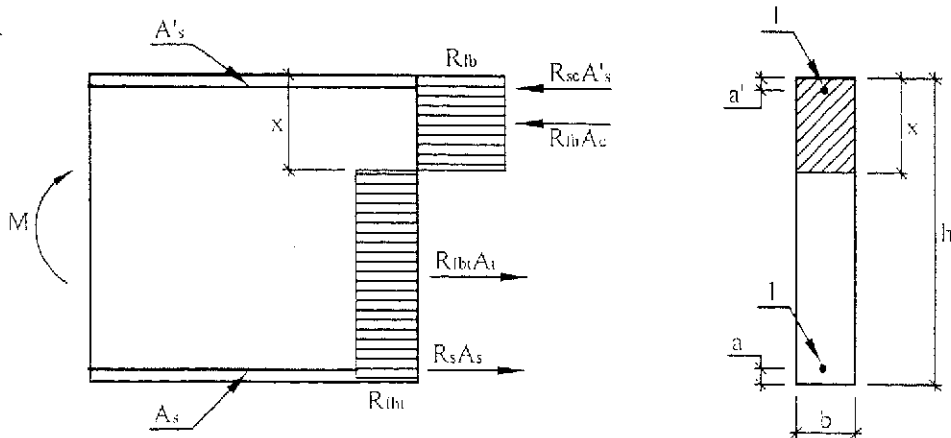


Рис.3. Схема усилий и эпюра напряжений в сечениях, нормальных к продольной оси изгибаемого железобетонного элемента прямоугольного сечения при комбинированном армировании

1 - стержневая или проволочная арматура

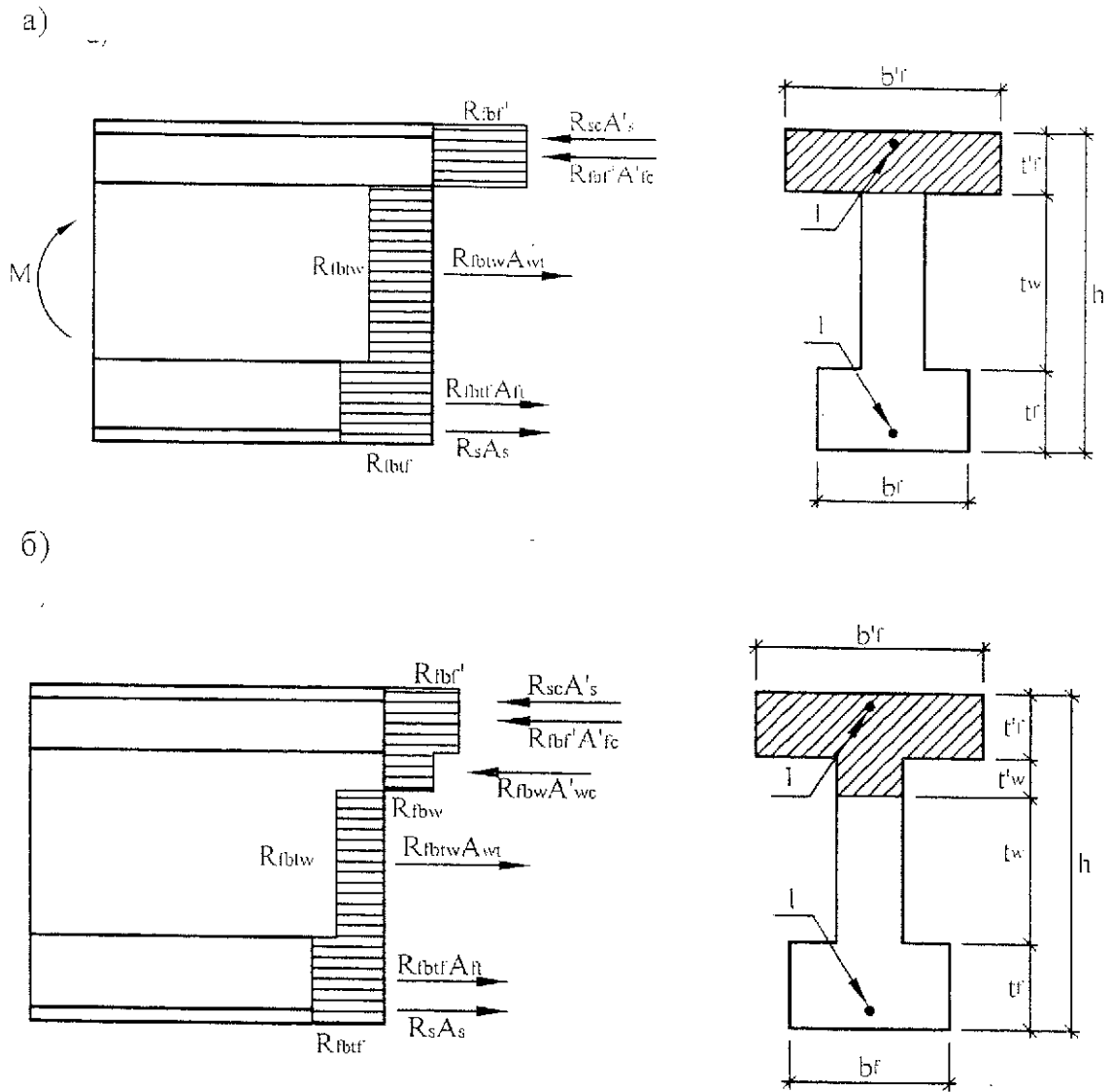


Рис.4. Схема распределения усилий и эпюра напряжений в сечениях, нормальных к продольной оси изгибаемого элемента двутаврового сечения при комбинированном армировании

а – при $x \leq t'_f$, б – при $x > t'_f$

l – стержневая или проволочная арматура

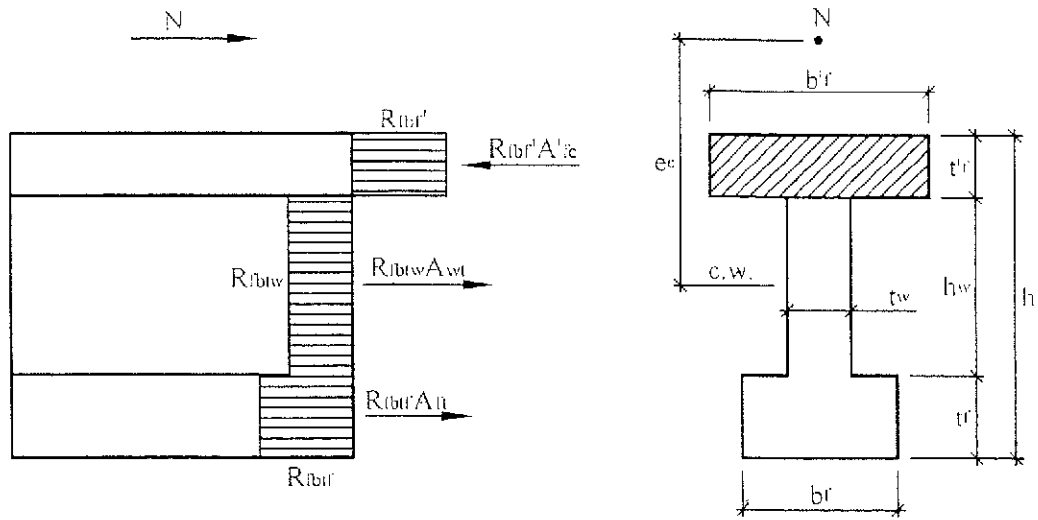


Рис.5. Схема усилий и эпюра напряжений во внецентренно сжатых элементах двутаврового сечения при фибровом армировании, $x \leq t'f$

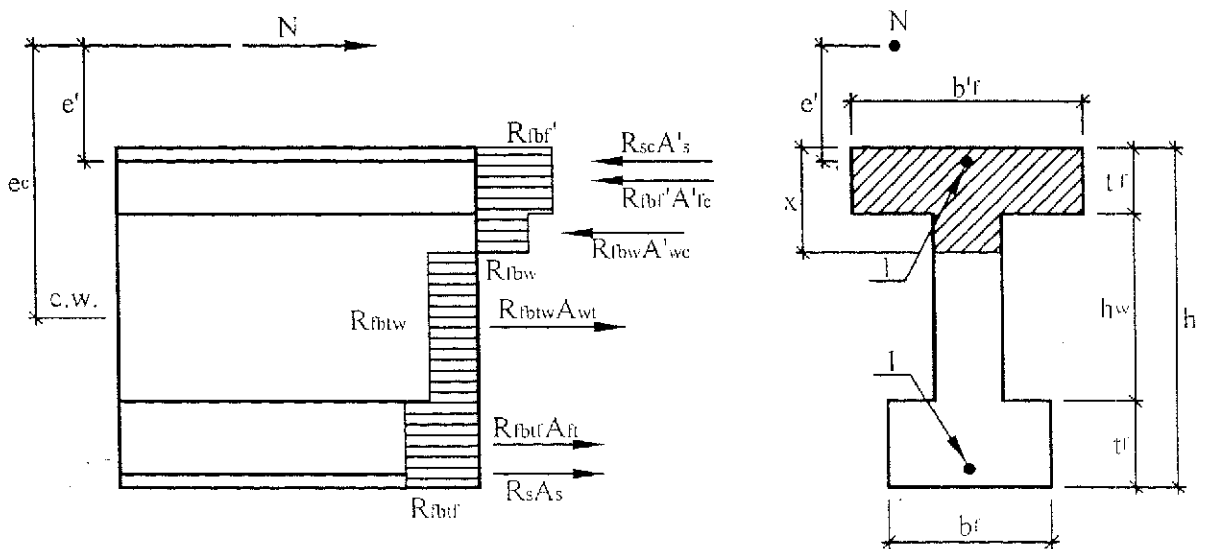


Рис.6. Схема усилий и эпюра напряжений во внецентренно сжатых элементах двутаврового сечения при комбинированном армировании при $x > t'f$
 1 – стержневая или проволочная арматура

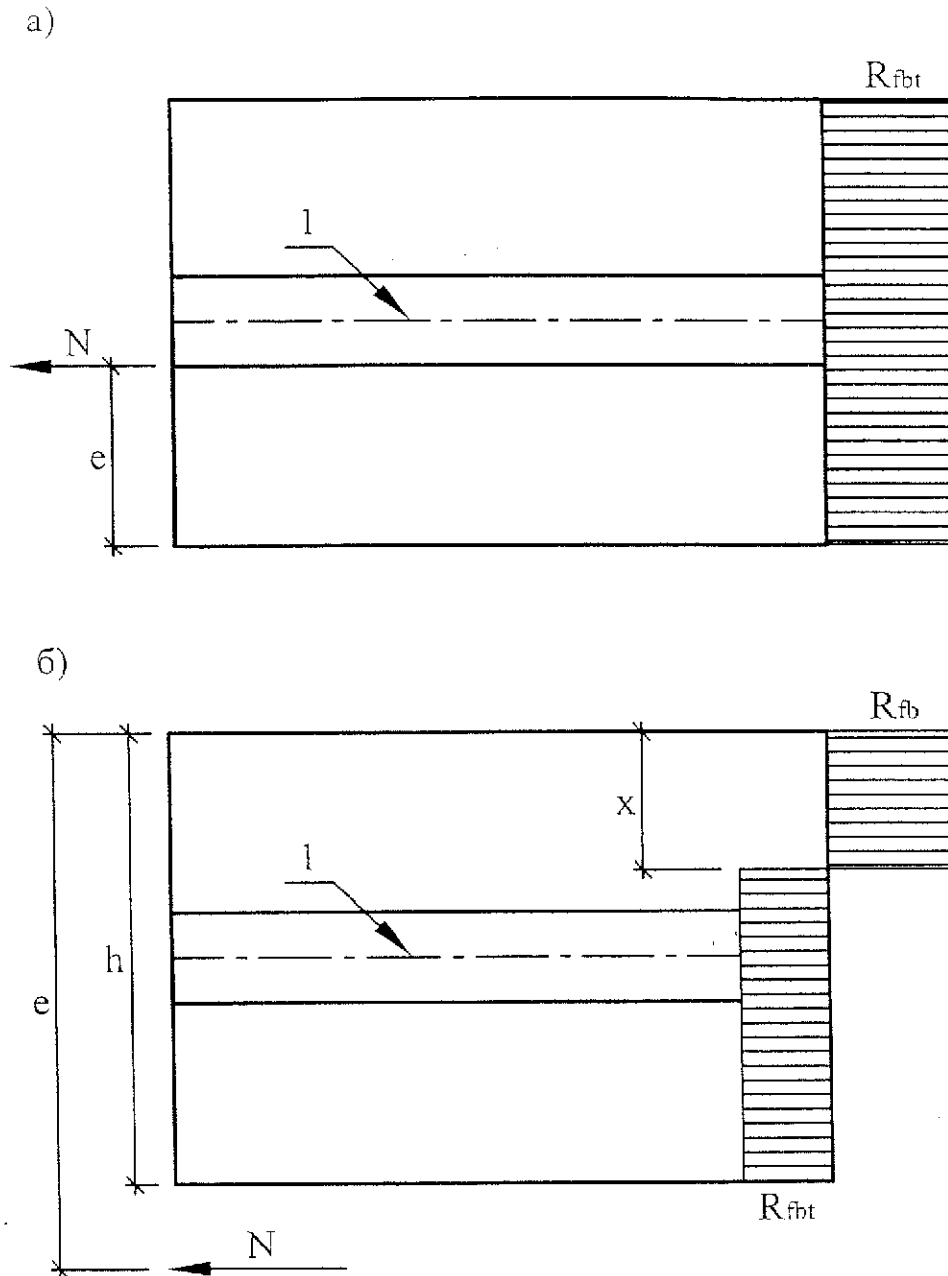


Рис.7. Эпюры напряжений во внецентренно растянутых элементах прямоугольного сечения

а – при приложении продольной силы N в пределах ядра сечения;

б – то же, за пределами

l – стержневая или проволочная арматура

b и h – соответственно больший и меньший размеры сечения элемента (или его части), перпендикулярного к направлению внешнего растягивающего усилия.

5.3.9. Если имеет место 2ой случай исчерпания сопротивления растяжению сталефибробетона, величина R_{fbt} определяется по формуле

$$R_{fbt} = m_2 \cdot R_b \cdot (K_r \cdot \frac{k_{or}^2 \cdot \mu_{fv} \cdot \ell_f}{8 \cdot \eta \cdot d_f} + 0,08 - 0,5 \cdot \mu_{fv}), \quad (5)$$

где: $K_r = \sqrt{1 - (1,2 - 80 \cdot \mu_{fv})^2}$,

m_2 – коэффициент условий работы, принимаемый равным 1,1.

5.3.10. Значения коэффициентов m_1 и m_2 в случаях применения прогрессивных технологий могут быть уточнены после экспериментального обоснования в соответствующем порядке по согласованию с «НИИЖБ».

5.3.11. Для определения величины R_{fbt} коэффициент k_{or} принимается по табл.3 различным для отдельных частей сечения рассчитываемого элемента (верхней полки, нижней полки, стенки, ребра и т.п.) в зависимости от их размеров и длины фибры.

5.3.12. Расчетное сопротивление сжатию сталефибробетона R_{fb} определяется в зависимости от класса бетона, вида и размеров фибры, геометрии и размеров сечения элемента. При этом учитывается только работа фибр, ориентированных нормально к направлению внешнего сжимающего усилия и удовлетворяющих условию (1) п.5.3.7 настоящих Рекомендаций.

Величина R_{fb} определяется по формуле

$$R_{fb} = R_b + (k_n^2 \cdot \varphi_f \cdot \mu_f \cdot R_f), \quad (6)$$

где: k_n – коэффициент, учитывающий работу фибр в сечении, перпендикулярном направлению внешнего сжимающего усилия, принимаемый по табл.4; φ_f – коэффициент эффективности косвенного армирования фибрами, вычисляемый по формуле

$$\varphi_f = \frac{5 + L}{1 + 4,5L}, \quad (7)$$

где $L = \frac{k_n^2 \cdot \mu_{fv} \cdot R_f}{R_b}$. (8)

5.3.13. Расчет по прочности сечений, нормальных к продольной оси сталефибробетонного элемента, когда сила действует в плоскости оси симметрии, производится согласно основным положениям СНиП 2.03.01-84*, пп.3.3-3.40 СНиП 2.03.03-85 с использованием приведенных в нем формул и с учетом положений пп.5.3.1-5.3.16 настоящих Рекомендаций.

При этом расчёт сталефибробетонных элементов при только фибровом армировании ведется как армоцементных элементов с арматурой,

приведенной к равномерно распределенной по сечению элемента (см. п.3.2 СНиП 2.03.03-85);

Расчёт элементов при комбинированном армировании ведётся как армоцементных элементов с комбинированным армированием (см.п. 3.3-3.19 СНиП 2.03.03-85), с учетом изменений в расчетных формулах, приведенных в пп.5.3.14-5.3.18 настоящих Рекомендаций, используя приведенные в них расчетные схемы усилий и эпюры напряжений в сечениях сталефибробетонных элементов.

Таблица 4

Значения коэффициентов ориентации фибры в зависимости от размеров сечения сжатого элемента

h/l_f	Значение κ_n при b/l_f							
	0,5	1	2	3	5	10	20	Более 20
0,2	0,126	0,263	0,449	0,511	0,560	0,597	0,616	0,636
0,4	0,122	0,259	0,444	0,506	0,555	0,591	0,610	0,629
0,6	0,122	0,257	0,441	0,502	0,551	0,589	0,606	0,624
0,8	0,122	0,253	0,429	0,494	0,542	0,578	0,596	0,614
1,0	0,118	0,247	0,422	0,480	0,527	0,563	0,580	0,597
1,5	0,110	0,232	0,399	0,454	0,498	0,531	0,548	0,565
2,0	0,110	0,226	0,387	0,440	0,484	0,517	0,532	0,549
3	0,105	0,219	0,375	0,428	0,470	0,510	0,517	0,532
5	0,1	0,214	0,367	0,418	0,458	0,490	0,504	0,520
10	0,1	0,210	0,360	0,410	0,449	0,481	0,495	0,510
20	0,1	0,297	0,356	0,406	0,446	0,475	0,490	0,505
Более 20	0,1	0,205	0,353	0,401	0,442	0,470	0,485	0,5

b и h -соответственно больший и меньший размеры сечения элемента (или его части), перпендикулярного к направлению внешнего сжимающего усилия.

5.3.14. При расчете по прочности сталефибробетонных конструкций фибровую арматуру следует принимать равномерно распределенной по сечению элемента с коэффициентом приведенного армирования по площади, определяемым по формулам:

для растянутой зоны

$$\mu_{fa} = \mu_{fv} \cdot \kappa_{or}^2 ; \quad (9)$$

для сжатой зоны

$$\mu'_{fa} = \mu_{fv} \cdot \kappa_n^2 , \quad (10)$$

где κ_{or} и κ_n коэффициенты, принимаемые соответственно по табл.3 и 4.

5.3.15. Расчет прочности нормальных сечений изгибаемых, внецентренно сжатых, центрально- и внецентренно растянутых сталефибробетонных элементов производят по формулам (1)-(5), (7-23) пп. 3.5-3.13 СНиП 2.03.03-85 с заменой в них величин, используемых для армоцемента, на соответствующие величины для сталефибробетона в соответствии с табл. 5.

Таблица 5
Расчетные величины, предусмотренные СНиП 2.03.03-85, заменяемые на соответствующие величины по настоящим Рекомендациям

Величины, заменяемые в формулах СНиП 2.03.03-85	сталефибробетона
$R_m \cdot \mu_{ml}$	R^{fb}
R_{cl} или $R_b + R_{mc} \cdot \mu_{ml}$	R^{fb}
R_{cl}	R^{fbf}
R_{swl}	R^{fbw}
R_{crl}	R^{fbr}
$R_m \cdot \mu_{ml}$	R^{fbt}

Другие обозначения и величины в указанных формулах СНиП 2.03.03-85 принимаются без изменений.

Величины R^{fb} , R^{fbf} , R^{fbw} , R^{fbt} (для полки), R^{fbw} , R^{fbw} (для ребра или стенки) и R^{fbm} , R^{fb} , (для кольцевого сечения) определяют по пп. 5.3.7-5.3.12 настоящих Рекомендаций с использованием в формулах (4)-(6) коэффициентов ориентации соответственно для отдельных частей сечения элемента: k_{nf} - для сжатой полки; k_{of} - для растянутой полки; k^{fw} - для растянутой зоны сечения ребра или стенки; k^{mw} - для сжатой зоны сечения ребра или стенки; k^{mf} и k^{mw} - для растянутой и сжатой зон кольцевого сечения.

5.3.16. При расчете сталефибробетонных конструкций по пп. 5.3.13-5.3.15 настоящих Рекомендаций используются расчетные схемы внутренних усилий и напряжений, приведенные для элементов:

изгибаемых - на рис. 2-4;

внецентренно сжатых - на рис. 5 и 6;

внецентренно растянутых - на рис. 7.

5.3.17. При расчете по прочности изгибаемых сталефибробетонных элементов складчатого сечения с комбинированным армированием проволочной арматурой класса Вр значения величин R^{fb} в расчетных формулах (7)-(22) пп. 3.7-3.12 СНиП 2.03.03-85 (см. рис. 3,4) принимаются умноженными на коэффициент условий работы m_3 , равный:

0,85 при $R^{fbt} \cdot A_{bt} \geq 0,5 N_s$;

0,90 « $0,2 N_s < R^{fbt} \cdot A_{bt} < 0,5 N_s$;

0,95 « $R^{fbt} \cdot A_{bt} < 0,2 N_s$;

где N_s - суммарное предельное усилие в растянутой проволочной арматуре $N_s = A_s \cdot R_s$.

5.3.18. При расчете по прочности, изгибаемых элементов сталефибробетонных конструкций рекомендуется соблюдать условие $x \leq \zeta_R \cdot h$.

В случае, когда площадь сечения растянутой арматуры по конструктивным соображениям или из расчета по предельным состояниям второй группы принята большей, чем это требуется для соблюдения условия $x \leq \zeta_R \cdot h$, то для элементов из бетона класса В30 и ниже при комбинированном армировании с ненапрягаемой арматурой классов А240; А300; А400 и В500 допускается производить расчет по формулам (4), (7), (10), (11), (14) и (15) СНиП 2.03.03-85, принимая $x = \zeta_R \cdot h$.

Для элементов из бетона классов выше В30 и для стержневой или проволочной арматуры, обычной или преднапряженной, более высоких классов, чем приведенные в настоящем пункте, рекомендуется производить уточненный расчет, пользуясь общими указаниями СП 52-101-2003; СП 52-102-2004, с учётом положений пп. 5.3.14-5.3.16 настоящих Рекомендаций и расчетных схем, приведенных на рис.3 и 4б.

Расчет по прочности сечений, наклонных к продольной оси элемента

5.3.19. Расчет сталефибробетонных элементов по наклонным сечениям выполняют на действие: поперечной силы по наклонной полосе между наклонными трещинами; поперечной силы по наклонной трещине и изгибающего момента по наклонной трещине в соответствии с положениями пп. 3.21-3.23 СНиП 2.03.03-85 и пп. 5.3.20-5.3.22 настоящих Рекомендаций.

5.3.20 Расчет сталефибробетонных элементов прямоугольного сечения на действие поперечной силы для обеспечения прочности по наклонной полосе между наклонными трещинами выполняют с учетом указаний и по формулам (44) и (46) СНиП 2.03.03-85. При этом значение φ_{w1} определяют по формуле

$$\varphi_{w1} = 1 + 5 \frac{E_f}{E_b} \mu_{fsw} ,$$

где $\mu_{fsw} = \mu_{fv} \cdot \kappa_{mv}^2$ (κ_{mv} – см.п.5.3.15 настоящих Рекомендаций).

Значение правой части в формуле (44) СНиП 2.03.03-85 принимают не более 1,3.

5.3.21. Расчет сталефибробетонных элементов по прочности на действие поперечной силы по наклонной трещине выполняют с учетом указаний и по формулам (47)-(51) СНиП 2.03.03-85. При этом в формулах (48), (49), (50) и (51) производят замену величин:

$$Q_m \text{ на } Q_{fb} ; \quad q_{mv} \text{ на } q_{fb} ; \quad R_{mv} \cdot \mu_{mvt} \text{ на } R_{fbtv} ,$$

где R_{fbtv} определяется по пп. 5.3.7-5.3.9, 5.3.15 настоящих Рекомендаций и формулам (4), (5) с заменой в них коэффициента κ_{or} на κ_{mv} (п. 5.3.15).

5.3.22. Расчет сечений, наклонных к продольной оси сталефибробетонных элементов на действие изгибающего момента выполняют в соответствии с положениями п.3.23 и по формуле (52) СНиП 2.03.03-85.

При этом в формуле (52) производят замену величин:

$R_m \cdot \mu_{mf}$ - на R_{fbf} ; $R_m \cdot \mu_{mv}$ - на R_{fbv} ,
 где R_{fbf} и R_{fbv} - величины, определяемые по пп. 5.3.7-5.3.9 и 5.3.15 настоящих Рекомендаций.

Расчет на продавливание

5.3.23. Расчеты на продавливание и местное сжатие конструкций из сталефибробетона без поперечной арматуры рекомендуется производить, исходя из положений СП 52-104-2006

Расчет на отрыв

5.3.24. Расчет сталефибробетонных элементов на отрыв от действия нагрузки, приложенной к его нижней грани или в пределах высоты его сечения рекомендуется производить по указаниям п.3.43 СНиП 2.03.01-84*.

Расчет закладных деталей.

5.3.25. Расчет анкеров закладных деталей для сталефибробетонных конструкций производится в соответствии с указаниями п.3.44 СНиП 2.03.01-84*.

При расчетах в формуле (116) СНиП 2.03.01-84* величина R_b (прочность бетона) в ней заменяется величиной R_{fb} (прочность сталефибробетона), а значение коэффициента λ принимается во всех случаях не более 0,75.

5.4. РАСЧЕТ СТАЛЕФИБРОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПО ПРЕДЕЛЬНЫМ СОСТОЯНИЯМ ВТОРОЙ ГРУППЫ

Расчет сталефибробетонных конструкций по второй группе предельных состояний производится в соответствии с положениями СНиП 52-01-2003, СНиП 2.03.03-85 и указаниями настоящих Рекомендаций.

Расчет по второй группе предельных состояний включает:

- расчет по образованию трещин;
- расчёт по раскрытию трещин, нормальных и наклонных к продольной оси элемента;
- расчет по деформациям.

Расчет по закрытию трещин для сталефибробетонных конструкций не производится.

Расчет по образованию трещин

5.4.1. Расчет элементов сталефибробетонных конструкций по образованию трещин, нормальных и наклонных к продольной оси элемента, производят в соответствии с указаниями СП 52-101-2003, СП 52-102-2004 и пп. 4.1-4.2, 4.13 СНиП 2.03.03-85, как для армоцементных конструкций из бетона соответствующего вида и класса, а также согласно п.5.4.2 настоящих Рекомендаций.

5.4.2. Момент трещинообразования M_{cr} для сталефибробетонных элементов определяют по формулам (75) и (76) п.4.13 СНиП 2.03.03-85. При этом величину W_{pl} определяют по формуле

$$W_{pl} = \frac{2(J_{bc} + \alpha_f \cdot J_{fc1} + \alpha_f \cdot J_{fl1})}{h - x} + S_{bl} \quad , \quad (12)$$

где: J_{bc} , J_{fc1} и J_{fl1} - моменты инерции сжатой зоны бетона, площадей сечения фибровой или фибровой и стержневой (проволочной) арматуры, расположенной соответственно в сжатой и растянутой зонах сечения, относительно нулевой линии; S_{bl} - статический момент площади сечения растянутой зоны бетона относительно нулевой линии; α_f - отношение модулей упругости фибровой арматуры E_f и бетона E_b .

Положение нулевой линии определяют по формуле

$$S_{bc} + \alpha_f \cdot S_{fc1} - \alpha_f \cdot S_{fl1} = \frac{(h - x) \cdot A_{pl}}{2} \quad , \quad (13)$$

где: S_{bc} , S_{fc1} и S_{fl1} - статистические моменты площадей сечения сжатой зоны бетона, площадей сечения фибровой или фибровой и стержневой (проволочной) арматуры, расположенной в сжатой и растянутой зонах сечения, относительно нулевой линии.

Значения J_{fcl} , J_{fll} , S_{fcl} и S_{fll} вычисляют с учетом коэффициентов фибрового армирования по площади μ_{fa}^1 , μ_{fa} и μ_{farw} , определяемых по формулам

$$\mu_{fa}^1 = \mu_{far} \cdot k_{nf}^2 \cdot k_{an} ; \quad (14)$$

$$\mu_{fa} = \mu_{far} \cdot k_{nf}^2 \cdot k_{an} ; \quad (15)$$

$$\mu_{farw} = \mu_{far} \cdot k_{arw}^2 \cdot k_{an} . \quad (16)$$

Коэффициенты k_{nf} , k_{orf} и k_{orw} учитывающие ориентацию фибр в полках и ребре, принимаются по табл.4.

Значение коэффициента k_{an} определяется по формуле

$$k_{an} = 1 - \beta \cdot \frac{\ell_{fsm}}{\ell_f} ; \quad (17)$$

где
$$\beta = \frac{M - 0,9 \cdot M_{cre}}{M_{lim}} ,$$

Здесь ℓ_{fsm} - см. формулу (3); M и M_{cre} - см.п.4.13 СНиП 2.03.03-85; M_{lim} - расчетный изгибающий момент (из расчета по предельным состояниям первой группы).

5.4.3. Элементы сталефибробетонных конструкций рассчитывают по раскрытию трещин:

- нормальных к продольной оси элемента;
- наклонных к продольной оси элемента.

Расчет ширины раскрытия трещин, нормальных к продольной оси элемента

5.4.4. Ширину раскрытия трещин, нормальных к продольной оси элемента определяют по формуле,

$$\alpha_{cre} = \delta \cdot \varphi_1 \cdot \eta_{f_1} \cdot \eta_{red} \frac{\sigma_f}{E_f} \cdot 20 \cdot (3,5 - 100 \mu_{red}) \cdot \sqrt[3]{d_f} . \quad (18)$$

где: δ - коэффициент, принимаемый равным для элементов:

- изгибаемых и внецентренно сжатых 1,0;
- растянутых 1,2;

φ_1 - коэффициент, принимаемый равным при учете:

- кратковременных нагрузок и непродолжительного действия постоянных и длительных нагрузок. 1,00;

многократно повторяющейся нагрузки, а также продолжительного действия постоянных и длительных нагрузок для конструкций из бетона :

- тяжелого 1,50;
- мелкозернистого группы А 1,75.

Значение φ_i для мелкозернистого бетона в водонасыщенном состоянии умножают на коэффициент 0,8, а при попеременном водонасыщении и высушивании – на коэффициент 1,2;

η_{fi} – коэффициент, учитывающий влияние фибрового армирования, определяемый по формуле

$$\eta_{fi} = \frac{0.5}{0.5 + m} \quad (19)$$

Значение коэффициента m определяется по формуле

$$m = \frac{1}{\frac{40 \cdot d_i^2 \cdot (\mu_{fa} + 5 \cdot \mu_s)}{\mu_{fa,red}^2 \cdot A} + 1} \quad (20)$$

где: A – площадь поперечного сечения элемента (мм^2), трещиностойкость которого определяется;

$\mu_{fa,red}$ – приведенный коэффициент армирования, определяемый по формуле

$$\mu_{fa,red} = \frac{\eta_{f2} \cdot \mu_{faw} + \eta_s \cdot \mu_s}{\mu_{faw} + \mu_s} \quad (21)$$

где: η_{f2} – коэффициент, принимаемый для фибры, рубленой из стальной проволоки равным – 1,0;

μ_{faw} – определяется по формуле (16) п.4.2 ;

η_s – коэффициент, принимаемый для:

стержневой арматуры периодического профиля . . . 1,0;

стержневой арматуры гладкой 1,3;

проволочной арматуры периодического профиля

и канатов 1,2;

проволочной арматуры гладкой 1,4;

σ_f – условные напряжения в крайнем растянутом волокне или приращение напряжений от действия внешней нагрузки (при наличии предварительного напряжения), определяемое по п.5.4.5 настоящих Рекомендаций;

μ_{red} – приведенный коэффициент армирования по площади сечения, определяемый по формуле

$$\mu_{red} = \mu_{faw} + \mu_s,$$

но не более 0,02;

d_{red} – приведенный диаметр совместно фибровой и стержневой арматуры, определяемой по формуле

$$d_{red} = \frac{d_i^2 \cdot \mu_{faw} + d_s^2 \cdot \mu_s}{d_i \cdot \mu_{faw} + d_s \cdot \mu_s}, \text{ мм.} \quad (22)$$

5.4.5. Напряжение σ_f определяют по формулам (56)-(58) СНиП 2.03.03-85 и с учетом положений пп.4.5, 4.6 СНиП 2.03.03-85, пп.5.4.6 и 5.4.7 настоящих Рекомендаций.

5.4.6. При расчете σ_f , как и для армоцементных конструкций, рассматривают сечение, приведенное к эквивалентному стальному сечению (рис.8), с единой упругой характеристикой. В растянутой зоне к стальному сечению приводят только фибровую и стержневую (проволочную) арматуру с эквивалентной площадью сечения, а в сжатой зоне – арматуру и бетон с эквивалентными площадями сечения, приведенными к фибровой арматуре при $\alpha_s = E_s / E_f$ и $\alpha_b = E_b / E_f$.

5.4.7. При определении σ_f в формулу (56) СНиП 2.03.03-85 вместо значения μ_m подставляют значение μ_{red} .

В формулах (57) и (58) СНиП 2.03.03-85 величину W_{st} заменяют на величину W_{fl} , определяемую по формуле

$$W_{fl} = \frac{I_{fl}}{1,3 \cdot y_c}, \quad (23)$$

где I_{fl} – момент инерции приведенного сечения (см.п.5.4.6 настоящих Рекомендаций); y_c – расстояние от центра тяжести сечения, приведенного к стальному, до растянутой грани сечения.

Расчет ширины раскрытия трещин, наклонных к продольной оси элемента

5.4.8. Ширину раскрытия трещин, наклонных к продольной оси изгибаемых элементов, при фибровом и комбинированном армировании определяют по формуле

$$a_{crv} = \varphi_1 \cdot k_1 \cdot (h_w + 30 \cdot d_f) \frac{\eta_{fl}}{\mu_{fav}} \cdot \frac{k_2^2}{E_f^2}, \quad (24)$$

где φ_1 – см. формулу (18); k_1 – коэффициент, принимаемый для фибры, рубленной из стальной проволоки равным $(25-1400 \mu_{fav}) \cdot 10^3$;

η_{fl} – см. формулу (18);

$\mu_{fav} = \mu_{fv} k_n^2$ (k_n – принимается по табл.4);

$$k_2 = \frac{Q}{h_w \cdot h_w} - 0,25 \cdot \frac{P}{A_{bc}} \quad (25)$$

Здесь Q – наибольшая поперечная сила на рассматриваемом участке длины элемента от действующей нагрузки; P – усилие предварительного напряжения с учетом всех потерь; A_{bc} – площадь сечения сжатой зоны бетона.

Расчет элементов сталефибробетонных конструкций по деформациям

5.4.9. Деформации (прогибы, углы поворота) элементов сталефибробетонных конструкций вычисляются по формулам строительной механики, определяя входящие в них значения кривизны согласно пп. 5.4.10-5.4.13 настоящих Рекомендаций.

Величина кривизны и деформаций сталефибробетонных элементов отсчитывается от их начального состояния; при наличии предварительного напряжения – от состояния до обжатия.

5.4.10. Кривизна сталефибробетонных элементов определяется:

а) для участков элемента, где в растянутой зоне не образуются трещины, нормальные к продольной оси элемента, - как для сплошного тела;

б) для участков элемента, где в растянутой зоне имеются трещины, нормальные к продольной оси, - как отношение разности средних деформаций крайнего волокна сжатой зоны бетона и крайнего волокна растянутой зоны (или продольной растянутой арматуры при комбинированном армировании к высоте сечения элемента (или рабочей высоте сечения)).

Элементы или участки элементов рассматриваются без трещин в растянутой зоне, если трещины не образуются при действии постоянных, длительных и кратковременных нагрузок; при этом нагрузки вводятся в расчет с коэффициентом надежности по нагрузке $\gamma_f = 1,2$.

Определение кривизны сталефибробетонных элементов на участках без трещин в растянутой зоне

5.4.11. Полное значение кривизны изгибаемых, внецентренно сжатых и внецентренно растянутых элементов на участках, где образуются нормальные или наклонные к продольной оси элементы трещины, определяют по формуле

$$\frac{1}{r} = \left(\frac{1}{r}\right)_1 + \left(\frac{1}{r}\right)_2 - \left(\frac{1}{r}\right)_3 - \left(\frac{1}{r}\right)_4, \quad (26)$$

где $\left(\frac{1}{r}\right)_1$ и $\left(\frac{1}{r}\right)_2$ – кривизна соответственно от кратковременных

(принимаемых согласно СП 52-101-2003) и от постоянных и длительных временных нагрузок (без учета усилия Р)

$$\left(\frac{1}{r}\right)_1 = \frac{M}{B_{f1}}; \quad (27)$$

$$\left(\frac{1}{r}\right)_2 = \frac{M \cdot \varphi_{b2}}{B_{f1}}, \quad (28)$$

где M – момент от соответствующей внешней нагрузки относительно оси, нормальной к плоскости действия момента и проходящей через центр тяжести приведенного сечения; B_{f1} – жесткость сталефибробетонного элемента при кратковременном действии нагрузки, определяемая по формуле

$$B_{f1} = 0.85 \cdot E_b \cdot I_1, \quad (29)$$

где E_b – модуль упругости бетона, принимаемый по СНиП 2.03.01-84*;

I_1 – момент инерции сечения, приведенного к бетонному и включающего в себя площадь бетона, фибровой или фибровой и стержневой арматуры, приведенной к бетону. При этом коэффициент приведения для фибровой арматуры $\alpha_{fb} = E_f / E_b$, для стержневой арматуры $\alpha_{sb} = E_s / E_b$, а приведенные проценты армирования фибровой и стержневой (проволочной) арматурой определяются в соответствии с п.5.4.2 формулы (14)-(17) настоящих Рекомендаций;

φ_{b2} – коэффициент, учитывающий влияние длительной ползучести бетона и принимаемый по табл.34 СНиП 2.03.84* в зависимости от вида бетона;

$(\frac{1}{r})_3$ – кривизна, обусловленная выгибом элемента от непродолжительного действия усилия предварительного обжатия и определяемая по формуле

$$(\frac{1}{r})_3 = \frac{P \cdot e_{op}}{B_{f1}}, \quad (30)$$

где e_{op} – эксцентриситет приложения силы P относительно центра тяжести элемента.

$$(\frac{1}{r})_4 = \frac{\varepsilon_b - \varepsilon'_b}{h}, \quad (31)$$

где ε_b и ε'_b – относительные деформации сталефибробетона, вызванные его усадкой и ползучестью под действием усилия предварительного обжатия, определяемые соответственно на уровне растянутой и сжатой грани сечения по формулам

$$\varepsilon_b = \frac{\sigma_{fb}}{E_s}; \quad (32)$$

$$\varepsilon'_b = \frac{\sigma'_{fb}}{E_s}; \quad (33)$$

Значение σ_{fb} принимается численно равным сумме потерь предварительного напряжения арматуры от усадки и ползучести бетона согласно поз. 6,8 и 9 табл.5 СНиП 2.03.01-84* и п.5.1.23 настоящих

Рекомендаций для арматуры растянутой зоны (условно принимается расположенной на растянутой грани сечения), а σ'_{fb} – то же для напрягаемой арматуры, если бы она имелась на уровне крайнего сжатого волокна бетона.

При этом сумма $(\frac{1}{r})_3 + (\frac{1}{r})_4$ принимается не менее $\frac{P \cdot e_{op} \cdot \gamma_n}{B_{fb}}$.

Значения кривизны $(\frac{1}{r})_3$ и $(\frac{1}{r})_4$ для элементов без предварительного напряжения допускается принимать равными нулю.

5.4.12. При определении кривизны на участках с начальными трещинами в сжатой зоне бетона значения

$(\frac{1}{r})_3$, $(\frac{1}{r})_3$ и $(\frac{1}{r})_3$ и определенные по формулам (27), (28) и (30),

принимаются увеличенными на 15%, а значение $(\frac{1}{r})_4$, определенное по формуле (31), - на 25%.

Определение кривизны сталефибробетонных элементов на участках с трещинами в растянутой зоне

5.4.13. Кривизны изгибаемых, внецентренно сжатых и внецентренно растянутых сталефибробетонных элементов прямоугольного, таврового и двутаврового сечений на участках, где образуются нормальные к продольной оси элемента трещины, определяют по указаниям и с использованием формул, приведенных в пп. 4.12-4.15 СНиП 2.03.03-85 с учетом п.5.4.14 настоящих Рекомендаций.

5.4.14. Полное значение кривизны сталефибробетонных элементов определяют в соответствии с п.4.12 СНиП 2.03.03-85 со следующими изменениями:

значения r в формуле (72) СНиП 2.03.03-85 заменяют на $\frac{1}{r}$ с соответ-

ствующими индексами: $(\frac{1}{r})_{m1}$, $(\frac{1}{r})_5$ и т.д.;

определение величин $(\frac{1}{r})_3$, $(\frac{1}{r})_6$, $(\frac{1}{r})_7$ производят по формуле (73) СНиП

2.03.03-85, при этом:

значение B_{fl} определяют по формуле (29) настоящих Рекомендаций с уменьшением на коэффициент $1/\phi_{b2}$;

значение B_{fb} при кратковременном действии нагрузки принимают равным

$$B_{fb} = \frac{0,9 \cdot E_f \cdot J_{fb}}{1,3}; \quad (34)$$

значение B_{fb} при длительном действии нагрузки принимают равным

$$B_{f_1} = \frac{0,5 \cdot E_f \cdot J_{f_1}}{1,3} \quad (35)$$

значение J_{f_1} определяют согласно п. 4.7 настоящих Рекомендаций:

значение $\left(\frac{1}{r}\right)_s$ определяют по формуле (31) настоящих Рекомендаций.

Высоту сжатой зоны определяют по формуле

$$x = h - \frac{S_b}{A_{red} + 0,5A_{ov}}, \quad (36)$$

где S_b – статический момент приведенной к бетону площади сечения без учета площади бетона растянутых свесов полки относительно растянутой грани; A_{red} – площадь приведенного к бетону сечения, включающая в себя площадь бетона сжатой и растянутой зон (без учета площади растянутых уширений), стержневой арматуры, приведенной к бетону при $\alpha_{sb} = E_s / E_b$, площадь фибровой арматуры, приведенной к бетону при $\alpha_{fb} = E_f / E_b$; A_{ov} – площадь уширений растянутой зоны бетона.

Расчет прогибов сталефибробетонных элементов

5.4.15. Прогибы f_m сталефибробетонных элементов определяют в соответствии с указаниями СП 52-101-2003, СП 52-102-2004, п.4.16 СНиП 2.03.03-85, используя результаты расчетов по пп.5.4.11-5.4.14 настоящих Рекомендаций.

5.5. КОНСТРУКТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

5.5.1. При проектировании сталефибробетонных конструкций для обеспечения условий их изготовления, совместной работы бетона и арматуры и требуемой долговечности рекомендуется руководствоваться следующими положениями.

5.5.2. Размеры сечений элементов конструкций рекомендуется принимать, исходя из следующих условий:

а) толщина плоских плит или полок ребристых плит сборных конструкций рекомендуется не более 30 мм;

б) толщину полок или стенок элементов рекомендуется принимать не менее 15 мм, а для плит междуэтажных перекрытий – не менее 30 мм.

5.5.3. При вертикальном изготовлении конструкций ширину ребра по верху, включая вут, рекомендуется принимать больше ширины ребра по низу на размер не менее $0,5 l_f$.

5.5.4. Сопряжение ребер конструкции с полками рекомендуется принимать по радиусу не менее $0,6 l_f$ или с устройством вута с размером проекции не менее $0,75 l_f$.

5.5.5. При проектировании конструкций следует сочетать размер сечений элементов, размеры фибр и коэффициент фибрового армирования таким образом, чтобы минимальная площадь поперечного сечения элемента или его части A_{min} отвечала условию

$$A_{min} \geq \frac{4d_f}{\mu_{fv} k_{or}} \quad (37)$$

5.5.6. Коэффициент фибрового армирования по объему рекомендуется принимать в пределах $0,005 \leq \mu_{fv} \leq 0,018$ для конструкций, работающих на растяжение, изгиб и сжатие. Допускается при экономическом обосновании принимать $\mu_{fv} > 0,018$ для конструкций, подверженных ударным, истирающим, температурным воздействиям, или при предъявлении к конструкциям повышенных требований к трещиностойкости, но не более 0,02.

5.5.7. Минимальные значения коэффициента фибрового армирования рекомендуется принимать, соблюдая следующее условие

$$\mu_{min} = \frac{1,5 \cdot C \cdot R_{bt}}{R_f \cdot k_{or}^2 \cdot \left(1 - \frac{30}{R_f} - \frac{\ell_{fm}}{\ell_f}\right)} \quad (38)$$

где C – коэффициент, принимаемый равным 1,0 для элементов, работающих при осевом и внецентренном растяжении с малыми эксцентриситетами, и 0,6 – для изгибаемых элементов.

5.5.8. Для несущих конструкций следует применять комбинированное армирование.

5.5.9. Расстояние между отдельными арматурными стержнями или прядями, располагаемыми в верхней зоне поперечных сечений, рекомендуется принимать не менее 30 мм.

5.5.10. Длина зоны анкеровки стержневой или проволочной арматуры при комбинированном армировании может приниматься по указаниям СП 52-101-2003, СП 52-102-2004, как для случая наличия косвенной арматуры с учетом количества и ориентации фибровой арматуры.

5.5.11. Толщина защитного слоя сталефибробетона до стержневой или проволочной арматуры при условии обеспечения его равномерного фибрового армирования принимается согласно п.5.4 СНиП 2.03.03-85.

5.5.12. Радиус свободного погиба r свежееотформованного листа при изготовлении сталефибробетонных конструкций во избежание разрывов и сдвигов рекомендуется принимать не меньше $3t$ и $100d_f$. При специальных устройствах листогибочного поддона или последующем (повторном) вибрировании радиус погиба может быть принят меньшим по экспериментальным данным.

5.5.13. Толщину плит или стенок тонкостенных конструкций рекомендуется принимать не менее $1/200$ их свободного пролета.

В слоистых элементах, в которых утеплитель может содействовать повышению устойчивости плит, их толщина может быть менее $1/200$ их наибольшего размера или расстояния между ребрами. При этом принятая толщина должна быть обоснована в соответствующем порядке.

6. ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СТАЛЕФИБРОБЕТОНА

6.1. Технические требования к сталефибробетонной смеси

6.1.1. Качество сталефибробетонной смеси и материалов для ее приготовления должно удовлетворять требованиям ГОСТ 7473-94, настоящих Рекомендаций и проектной документации на изделие, конструкцию или сооружение.

6.1.2. Для получения сталефибробетонной смеси, готовой к употреблению, должны использоваться следующие компоненты: цемент, заполнители, химические добавки, вода и стальные фибры в оптимальном сочетании для обеспечения проектных свойств и характеристик сталефибробетона и возможности выполнения технологических регламентов на изготовление изделий, конструкций или возведение сооружений.

6.1.3. Условное обозначение сталефибробетонной смеси принимается по аналогии с ГОСТ 7473-94 для смеси бетонной с добавлением к ее обозначению дополнительных букв «СФ», с указанием после черты процента фибрового армирования по объёму.

Пример условного обозначения сталефибробетонной смеси, готовой к употреблению из тяжелого бетона класса по прочности на сжатие В25, процентом фибрового армирования по объёму – 0,7, марок по: морозостойкости F75, водонепроницаемости W6, удобоукладываемости (подвижности) П2:

СФБС ГТ В25/0,7 F75 W6 П2 ГОСТ 7473-94

6.1.4. Основными показателями качества сталефибробетонной смеси, готовой к употреблению, являются:

- соответствие вида, технических характеристик и дозировки исходных материалов (компонентов смеси) требованиям, предъявляемым к номинальному составу этой смеси;

- удобоукладываемость (подвижность);

- однородность состава смеси в ее объеме;

- расслаиваемость смеси;

- сохраняемость свойств во времени;

- соответствие проектным требованиям по прочности на сжатие и осевое растяжение (или растяжение при изгибе) сталефибробетона, получаемого из сталефибробетонной смеси.

6.1.5. Оформление технической документации на сталефибробетонные смеси выполняется в соответствии с ГОСТ 7473-94 с дополнительным указанием: содержания фибры в кг на 1 м^3 смеси и технических условий на её производство.

6.2. Требования к материалам

Вяжущие.

6.2.1. В качестве вяжущих для приготовления сталефибробетона рекомендуется применять портландцементы активностью не ниже марки 400, отвечающие требованиям ГОСТ 10178-85.

6.2.2. Допускается, при экспериментальном обосновании, применение напрягающих цементов и вяжущих с компенсированной усадкой, обеспечивающих коррозионную стойкость фибры в бетоне.

Допускается заменять часть цемента (до 10-15%) золой-уносом тепловых электростанций по ГОСТ 25818-91.

Заполнители

6.2.3. В качестве крупного заполнителя для сталефибробетона рекомендуется применять щебень из плотных горных пород по ГОСТ 8267-93 и ГОСТ 26633-91 как правило с максимальным размером зерен до 10 мм и с содержанием зёрен пластинчатой и игловатой формы до 25%.

6.2.4. Допускается при техническом обосновании применять щебень с максимальной крупностью зерен до 20 мм с ограниченным содержанием фракции 10-20 мм в количестве до 25% по массе.

6.2.5. В качестве мелкого заполнителя для тяжелого и мелкозернистого сталефибробетона следует применять кварцевый песок по ГОСТ 8736-93 и ГОСТ 26633-91 с модулем крупности, как правило, не ниже 2,0.

Фибровая арматура

6.2.6. Фибра должна отвечать требованиям и характеристикам, указанным в ТУ-14-1-5564-2008.

Химические добавки

6.2.7. Для регулирования свойств сталефибробетонных смесей, для обеспечения их подвижности и удобоукладываемости, рекомендуется применять химические добавки, пластифицирующие/водоредуцирующие добавки или комплексные модификаторы бетона.

Химические добавки для сталефибробетона должны соответствовать ГОСТ 24211-91.

В качестве модификатора может применяться комплексный модификатор бетона типа МБ-01 различных марок на основе микрокремнезёма и суперпластификатора.

6.2.8. Выбор вида добавок и их дозировок следует производить в соответствии с положениями «Рекомендаций по применению добавок и суперпластификаторов в производстве сборного и монолитного железобетона». М.НИИЖБ, ЦНИИОМТП, 1987.

6.2.9. При выборе добавок и определении их количества в бетоне следует учитывать следующие технологические особенности сталефибробетона:

эффект вытеснения вовлеченного в бетонную смесь воздуха при введении фибровой арматуры (в сталефибробетонных смесях с добавками ПАВ содержится в 1,7-2,1 раза меньше вовлеченного воздуха, чем в исходной матрице) позволяет использовать повышение дозы пластифицирующих добавок;

наличие металлической фибровой арматуры с относительно большой удельной поверхностью требует создания повышенных ингибирующих свойств матрицы.

6.2.10. Рекомендуется использование добавок многофункционального назначения, состоящих из 2-5 компонентов, оптимизирующих совместно технологические и эксплуатационные характеристики сталефибробетона.

Вода.

6.2.11. Вода для сталефибробетонных смесей должна соответствовать ГОСТ 23732-79.

6.3. Технология приготовления сталефибробетонной смеси.

6.3.1. Сталефибробетонные смеси должны приготавливаться, как правило, в стационарных условиях производства на действующих БСУ или специально оборудованных постах, либо на специализированных передвижных установках, в том числе с использованием автобетоносмесителей.

6.3.2. Приготовление сталефибробетонной смеси следует производить с соблюдением требований ГОСТ 7473-94 и СНиП 3.09.01-85.

6.3.3. При приготовлении сталефибробетонной смеси следует руководствоваться требованиями настоящих Рекомендаций, обеспечивающими качество ее основных показателей, технологической картой производства и контроля качества.

6.3.4. Хранение компонентов (исходных материалов) сталефибробетонной смеси должно осуществляться отдельно на специализированном складе, оснащенном технологическим оборудованием для приема и выдачи компонентов и не допускающим их прямого увлажнения.

6.3.5. Дозирование компонентов сталефибробетонной смеси производят по массе. Погрешности при дозировании не должны превышать значений, регламентируемых ГОСТ 7473-94. Точность дозирования компонентов смеси контролируют постоянно при производстве работ.

6.3.6. Для дозирования компонентов бетона (цемент, мелкий и крупный заполнитель, вода затворения, добавки) применяют серийные дозаторы.

Дозирование стальных фибр по массе осуществляют на оборудованном для этих целей технологическом посту с учетом установленного их содержания, приходящегося на рабочие замесы приготавливаемой сталефибробетонной смеси.

Отдозированное по массе для каждого рабочего замеса смеси количество фибр размещают в дозирочные емкости (контейнеры), которые подают (транспортируют) к смесительному оборудованию.

Допускается осуществлять дозирование фибр в одном технологическом цикле при приготовлении сухой сталефибробетонной смеси по технологическому регламенту, предусматривающему совмещение (смешивание) получаемых фибр с сухими компонентами (мелким и крупным заполнителем) бетонной смеси.

6.3.7. Перед загрузкой одозированных порций компонентов смеси в бетоносмеситель проверяют (в течение каждой смены) чистоту и исправность работы оборудования. Для загрузки каждой новой порции компонентов внутренняя полость бетоносмесителя должна быть очищена от остатков предыдущего замеса.

6.3.8. Приготовление сталефибробетонной смеси производят, как правило, в серийных бетоносмесителях принудительного действия. Допускается использование также других видов смесителей, обеспечивающих получение однородной бетонной смеси.

6.3.9. Для обеспечения равномерности распределения фибр в объеме сталефибробетонной смеси рекомендуется:

подбор оптимальной консистенции сталефибробетонной смеси при заданной удобоукладываемости за счет введения пластифицирующих добавок; равномерная подача фибр в смеситель (подача полной дозы фибр в смеситель на замес сталефибробетонной смеси в один прием не рекомендуется);

сокращение продолжительности (в пределах технологического регламента) времени перемешивания смеси.

6.3.10. Объем рабочих замесов при приготовлении сталефибробетонной смеси в бетоносмесителях принудительного действия (с целью исключения возможности перегрузки смесителя) рекомендуется снижать на 25-30% по сравнению с объемом аналогичных замесов, назначаемых для обычного (тяжелого) бетона. При содержании фибры менее 40 кг в 1 м³ смеси объем рабочих замесов допускается не уменьшать.

6.3.11. Интервал времени перемешивания сталефибробетонной смеси не должен превышать, как правило, 3 минуты. Установление рабочих интервалов времени перемешивания производят опытным путем при освоении технологического процесса.

6.3.12. При заводском производстве приготовление сталефибробетонной смеси выполняется, как правило, по двум независимым способам, включающим следующие операции:

а) по первому способу;

введение в смеситель всех компонентов бетонной смеси (заполнители, цемент, вода и добавки);

равномерная подача отдозированной на замес порции фибр в работающий смеситель во время перемешивания в нем компонентов бетонной смеси;

перемешивание компонентов бетонной смеси и фибр до получения однородного состава смеси;

выгрузка готовой к употреблению смеси из смесителя.

б) по второму способу:

приготовление сухой смеси компонентов бетона (мелкого и крупного заполнителя без цемента) с отдозированной фиброй;

введение в бетоносмеситель отдозированной на замес порции сухой смеси с фиброй с последующей подачей цемента, воды и добавок;

перемешивание смеси до получения однородного состава;

выгрузка готовой к употреблению смеси из бетоносмесителя.

6.3.13. Операцию равномерной подачи фибр в работающий смеситель осуществляют с помощью технологических устройств, например, вибросита с направляющим лотком, устанавливаемых над бетоносмесителем. Фибры (навеску на замес) помещают на вибросито, с помощью которого обеспечивают непрерывную и равномерную подачу фибр в бетоносмеситель. Работу указанных устройств синхронизируют с работой бетоносмесителя и осуществляют с одного пульта управления.

6.3.14. При использовании автобетоносмесителя допускаются две схемы получения сталефибробетонной смеси.

По первой схеме автобетоносмеситель загружают отдельно сыпучими составляющими смеси при вращающемся барабане, а смесь приготавливают во время движения или на объекте (на строительной площадке) с введением регламентируемого количества воды и химических добавок из бака автобетоносмесителя, снабженного водомером. Приготовление смеси готовой к употреблению производят не ранее, чем за 5 минут до ее выгрузки.

Загрузку сыпучих компонентов смеси в автобетоносмеситель осуществляют в следующей последовательности: щебень, песок, цемент, фибра. Загрузку фибры производят равномерно в 3-4 приема через промежутки времени 1-1,5 минуты (при вращающемся барабане смесителя).

По второй схеме автобетоносмеситель загружают готовой бетонной смесью (либо бетонную смесь приготавливают непосредственно в автобетоносмесителе) и перед выгрузкой во вращающийся барабан с готовой бетонной смесью подают равномерным потоком отдозированную порцию фибр с соблюдением условий подачи, указанных в настоящем пункте.

6.4. Правила контроля.

6.4.1. Сталефибробетонные смеси должны быть приняты техническим контролем предприятия-изготовителя по показателям их качества, указанным

в настоящих Рекомендаций. Приемку смеси производят партиями. Составы (объем) партии устанавливают согласно положениям п.2.1 ГОСТ 18105-86.

6.4.2. Соответствие показателей качества смесей бетонных по нормируемым показателям, указанным в стандартах или технических условиях на смеси бетонные конкретных видов, и требования технологической документации устанавливают по данным входного, операционного и приемочного контроля.

Входной контроль – определение качества материалов, применяемых для приготовления бетона (вяжущее, заполнители, фибра, добавки и др.).

Операционный контроль – определение удобоукладываемости бетонной смеси по методике ГОСТ 10181-2000.

Приемочный контроль, в том числе:

- приемо-сдаточный – определение распалубочной прочности и плотности бетона; средняя прочность в возрасте 28 суток (класс бетона) и плотность бетона в этом возрасте по методике ГОСТ 10180-90;
- периодические испытания – определение водонепроницаемости по ГОСТ 12730.5-84, водопоглощения по ГОСТ 12730.3-78, морозостойкости по ГОСТ 10060-95, истираемости по ГОСТ 13087-81 в случае необходимости.

6.4.3. Фибры, предназначенные для приготовления сталефибробетонной смеси принимают партиями, каждая партия должна состоять из фибр одной марки, изготовленных из исходного материала одного класса прочности. Объем партии устанавливает предприятие-изготовитель по согласованию с заказчиком.

6.4.4. Партия фибр должна сопровождаться документом о качестве, удостоверяющем соответствие фибр требованиям настоящего свода правил и технических условий на эти фибры, утвержденных в установленном порядке. В документе о качестве, оформляемом предприятием-изготовителем фибр, указывают данные по результатам всех видов контроля согласно ТУ 14-1-.....2008.

6.4.5. При входном контроле качества фибр на предприятии-изготовителе сталефибробетонной смеси для осмотра и обмера от партии отбирают не менее 20 фибр. Объем и периодичность проверки механических свойств и размеров фибр на производстве определяется соответствующим ТУ.

Временное сопротивление фибр разрыву определяет производитель.

6.4.6. Сведения, представленные в документе о качестве фибр, должны быть занесены в журнал входного контроля и хранения с отражением в нем даты поступления фибр. В журнале отмечают также условия хранения фибр после их поступления и приемки.

6.4.7. Форму регистрации результатов испытаний фибр в журнале при существующем входном контроле потребителем их качества и геометрических параметров принимают согласно данным, получаемым при этих испытаниях по методике технических условий на производство фибр.

6.4.8. При приготовлении сталефибробетонной смеси погрешность дозирования компонентов смеси по массе не должна превышать: $\pm 1\%$ - для вяжущих, воды, добавок; $\pm 2\%$ - для заполнителей; $\pm 1\%$ - для фибр.

6.4.9. Показатели подвижности сталефибробетонной смеси готовой к употреблению следует принимать по маркам в соответствии с требованиями технологии изготовления конструкций или возведения сооружения.

6.4.10. На стадии отработки технологических режимов и в процессе производства работ следует определять показатели однородности (равномерности) распределения фибр в объеме смеси (коэффициент однородности – K_o) и коэффициент расслаиваемости смеси компонентов бетона с фибрами K_p .

Коэффициент K_o в каждой пробе не должен выходить за пределы:
 $1,1 \geq K_o \geq 0,9$)

Значение коэффициента K_p должно быть не менее 0,85.

6.4.11. Средняя плотность сталефибробетонной смеси готовой к употреблению должна быть не ниже:

- 2400 кг/м³ в случае тяжелого бетона-матрицы;
- 2250 кг/м³ в случае мелкозернистого бетона-матрицы.

6.4.12. Приемку партии сталефибробетонной смеси по прочности получаемого сталефибробетона с регистрацией результатов приемки в соответствующих журналах производят согласно требованиям ГОСТ 18105-86 и настоящих Рекомендаций.

6.4.13. Периодичность определения изготовителем морозостойкости и водонепроницаемости сталефибробетона устанавливают в соответствии с требованиями ГОСТ 26633-91 и не реже одного раза в шесть месяцев.

6.4.14. Каждая партия сталефибробетонной смеси, принятая техническим контролем изготовителя, должна сопровождаться документом о качестве этой смеси, при этом содержание и форма документа должны соответствовать ГОСТ 7473-94 с дополнительными сведениями о качестве фибры.

6.5. Методы контроля

6.5.1. Соответствие вида, качества и дозировки исходных материалов предъявляемым требованиям настоящих Рекомендаций и карты производства и контроля качества проверяется в условиях производства и строительной площадки в соответствии с ГОСТ.

6.5.2. Отбор проб сталефибробетонной смеси производят в соответствии с требованиями ГОСТ 10180-90, ГОСТ 10181-2000, ГОСТ 18105-86.

При этом минимальный объем пробы $V_{пр}$ для контрольных испытаний сталефибробетонной смеси с целью определения однородности распределения фибр в ее объеме и показателя расслаиваемости устанавливают в зависимости от геометрических параметров используемых фибр и объемного их содержания по формулам (39) и (40):

$$V_{np} \geq 2 \cdot 10^3 \cdot \frac{l_f \cdot d_f^2}{\mu_{fv}} \quad (39)$$

где l_f , d_f , μ_{fv} – длина, диаметр фибр и коэффициент фибрового армирования по объему в % соответственно. Следует также соблюдать условие:

$$\sqrt[3]{V_{np}} \geq 2,5 \cdot l_f \quad (40)$$

6.5.3. Для контроля однородности состава смеси (равномерности распределения фибр в ее объеме) на стадии подбора состава смеси, а также на стадии отработки режимов ее приготовления, из различных частей замеса этой смеси на месте ее приготовления отбирают не менее 10 проб с последующей их отмывкой и определением количества фибр в каждой пробе.

Отмывку фибр, их высушивание и взвешивание принимают по аналогии с методикой ГОСТ 10181-2000 (п.3.1.5).

После отмывания проб водой, извлечения из них фибр, их высушивания и взвешивания следует определить значение коэффициента однородности K_o для этой смеси:

$$K_o = \frac{m_{f,p}}{m_f} = \frac{V_{np} \cdot \mu_{fv} \cdot \rho_{st}}{m_f} \quad (41)$$

где V_{np} – объем сталефибробетонной смеси в каждой пробе; μ_{fv} – заданное (проектное) значение коэффициента фибрового армирования по объему; ρ_{st} – плотность стали; $m_{f,p}$, m_f – регламентируемая и выявленная масса фибр в объеме смеси каждой из проб, соответственно.

6.5.4. Контролируемые режимы уплотнения опытных проб сталефибробетонной смеси определяют в соответствии с назначаемыми режимами уплотнения сборных изделий или монолитных конструкций на объекте при производстве работ. Последние задаются строительной организацией, осуществляющей эти работы, и затем уточняются совместно изготовителем смеси и ее потребителем.

6.5.5. Для определения коэффициента расслаиваемости K_p из смеси изготавливают куб со стороной ребра 15 см, удовлетворяющей условию (40) Уплотнение смеси осуществляют с учетом п.3.1.2 ГОСТ 10181-2000. До момента схватывания уплотненного бетона форма куба раскрывается. С помощью «вилки» шириной равной стороне ребра куба он разделяется на две равные части – верхнюю и нижнюю. Каждая из частей отмывается, из них (например, с помощью магнита) извлекаются фибры и взвешиваются. Коэффициент расслаиваемости определяют по формуле:

$$K_p = \frac{P_{общ}}{2 \cdot P_{ниж}} \quad (42)$$

где $P_{общ}$ – общая масса фибр в образце; $P_{ниж}$ – масса фибр в нижней половине образца.

6.5.6. Для определения, при специальном требовании, соответствия прочности получаемого исходного бетона-матрицы (без фибр) проектному классу по прочности на сжатие из замесов бетонной смеси без фибр, приготовленных в соответствии с режимами приготовления сталефибробетона, отбирают пробы для проведения испытаний.

Испытания на прочность получаемого бетона-матрицы производят согласно ГОСТ 10180-90 и ГОСТ 18105-86.

ТЕРМИНОЛОГИЯ

Сталефибробетон – исходный бетон (бетон-матрица), армированный равномерно распределенными в его объеме стальными фибрами.

Исходный бетон (бетон-матрица) – тяжелый или мелкозернистый бетон по ГОСТ 26633 на плотных заполнителях.

Фибра – стальные короткие волокна, рубленые из проволоки в агрегатном состоянии по ТУ 14-1-..... -2008.

Процент фибрового армирования по объему – относительное содержание объема фибр в единице объема сталефибробетона в процентах.

Процент фибрового армирования по массе – отношение массы фибр, содержащихся в единице объема фибробетона, к массе этой единицы объема, в процентах.

Коэффициент фибрового армирования по объему – относительное содержание объема фибр в единице объема сталефибробетона. Сталефибробетонные конструкции с комбинированным армированием – конструкции из фибробетона, имеющие также обычную или преднапряженную стержневую или проволочную арматуру.

Самонапряженные сталефибробетонные конструкции – конструкции из сталефибробетона (в том числе комбинированные) бетон-матрица которого выполняется на напрягающем цементе.

ОСНОВНЫЕ БУКВЕННЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

R_b, R_{bt}	- расчетное сопротивление бетона соответственно осевому сжатию и растяжению;
R_{fb}, R_{fbt}	- расчетное сопротивление сталефибробетона соответственно при сжатии и растяжении;
R_s	- расчетное сопротивление растяжению стальной стержневой или проволочной арматуры;
R_f	- расчетное сопротивление растяжению фибровой стальной арматуры;
$R_{f,ser}$	- нормативное сопротивление растяжению фибровой стальной арматуры
E_b	- начальный модуль упругости бетона при сжатии и - растяжении;
E_s	модуль упругости стержневой или проволочной арматуры;
E_f	- модуль упругости стальной фибры;
μ_{fm}	- коэффициент фибрового армирования по массе;
μ_{fv}	- коэффициент фибрового армирования по объему
μ_{fa}	- коэффициент фибрового армирования по площади сечения;
μ_s	коэффициент армирования стержневой или проволочной - арматурой;
d_f	диаметр фибры;
d_s	диаметр стержневой или проволочной арматуры;
l_f	- длина фибры
$l_{f,an}$	минимальная длина заделки фибры в бетоне, - соответствующая их разрыву при выдергивании;
k_{or}	коэффициент, учитывающий ориентацию фибр относительно - направления главных растягивающих напряжений;
k_n	коэффициент, учитывающий влияние на ориентацию фибр - размеров сечения, перпендикулярных направлению внешнего усилия;
ϕ_f	- коэффициент эффективности косвенного армирования фибровой арматурой;
η	характеристика сцепления фибр с бетоном по контактной поверхности;
$J_{f,red}$	момент инерции сталефибробетонного сечения, приведенного к бетонному, относительно его центра тяжести;
$W_{f,red}$	момент сопротивления сталефибробетонного сечения, приведенного к бетонному.

ПЕРЕЧЕНЬ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НА
СТАЛЕФИБРОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

1. Панель покрытия преднапряженная складчатая сталефибробетонная. Рабочие чертежи опытного образца. 20ПК.СП.2.85КЖИ, 1985г. КТБ НИИЖБ, НИИЖБ.
2. Кольца круглых колодцев из сталефибробетона. Рабочие чертежи опытно-промышленных образцов. № 2338/15, 1988г. Союзводоканалпроект, НИИЖБ.
3. Неотапливаемое здание универсального назначения из сталефибробетона (для экспериментального строительства). Рабочие чертежи Э-592-02-84. ЛенЗНИИЭП, СПО «Верево», НИИЖБ.
4. Сборные сталефибробетонные предварительно напряженные плиты размером 6х3 и 6х1,5м для покрытий производственных зданий. Рабочие чертежи, шифр 161-1.465-81. ЦНИИПромзданий, НИИЖБ, ЛенЗНИИЭП.
5. Отстойники канализационные радиальные первичные диаметром 18, 24,30 и 40м с днищем из дисперсно армированного бетона (сталефибробетона). Рабочие чертежи, шифр 26-85. Ростовский Водоканалпроект, ЦНИИПромзданий.
6. Сваи забивные сталефибробетонные ударопрочные сплошного квадратного сечения (цельные и составные).Серия I – III, кл.Ш, 1983г. ЛенНИИпроект, ЛИИЖТ.
7. Плита жестких покрытий аэродромов ПАФ-1. Рабочие чертежи, шифр 21/В-17д-5, 1976г. ЛатНИИстроительства.
8. Плита дорожная напряженная ПДН. Рабочие чертежи, шифр 25/В-231д, 1986г. ЛатНИИстроительства.
9. Конструкции ненапрягаемых плит для покрытий городских дорог с применением сталефибробетона. Рабочие чертежи опытных образцов. ПС-238. 1989г. Мосинжпроект, НИИЖБ.
10. Трубы безнапорные сталефибробетонные диаметром 1000 и 1200 мм. Рабочие чертежи опытно-промышленных образцов. № 2338/13. 1988г. Союзводоканалпроект, НИИЖБ.
11. Анкерная опора трубопроводов свайная АОП-1ф. Рабочие чертежи, шифр 25/В-231д, 1983г. ЛатНИИстроительства.
12. Экспериментальные сборные полы для общественных зданий. Рабочие чертежи опытно-промышленных сталефибробетонных плит с покрытием из линолеума, паркета и керамических плиток. 1989г. ЦНИИЭП учебных зданий, НИИЖБ.

13. Покрытие пространственное складчатое сталефибробетонное. Рабочие чертежи опытного покрытия. 20ПК.ИЗО.2.85КЖ. 1985г. КТБ НИИЖБ, НИИЖБ.
14. Каналы из сталефибробетонных элементов. Рабочие чертежи опытных образцов. Серия ХТ5-91. 1985г. Харьковский ПСП.
15. Сваи забивные железобетонные с ненапрягаемой арматурой с применением сталефибробетона. Рабочие чертежи. 1986г. Фундаментпроект, ЦНИИПромзданий, НИИЖБ.
16. Сталефибробетонные защитные конструкции банковских хранилищ. Сертификат соответствия. НИИЖБ, 1996г.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ
ЛИТЕРАТУРЫ ПО СТАЛЕФИБРОБЕТОНУ

1. Фибробетонные конструкции. Серия «строительные конструкции». Выпуск 2. ВНИИИС, Москва, 1988г.
2. Сталефибробетонные конструкции зданий и сооружений. Серия «Строительные конструкции». Выпуск 7. ВНИИТПИ, Москва, 1990г.
3. Научно-технический реферативный сборник. Серия 7. «Строительные материалы и изделия». Выпуск 4. ЦИНИС, Москва 1979г.
4. Предварительно напряженная складчатая сталефибробетонная панель: проспект ВДНХ СССР. УДК 624.074.1.012.36. М. ВДНХ СССР, 1985г.
5. Сталефибробетонные обделки. – Метрострой, 1986г., №№4,6. Авт. Цывьян Б.М.
6. Опыт применения сталефибробетона в инженерных сооружениях. Серия «Научно-технический прогресс в строительном производстве». ЛДНТП. Ленинград. 1982г. Авт. Курбатов Л.Г., Хазанов М.Я., Шустов А.Н.
7. Опыт производства и внедрения сталефибробетонных свай и шпунта. Серия «Научно-технический прогресс в строительном производстве». ЛДНТП, Ленинград, 1985г. Авт. Родов Г.С., Голубенков В.А., Стерин В.С., Лейкин Б.В.
8. Плиты дорожных и аэродромных покрытий с фибровым армированием.- В сб. Применение фибробетона в строительстве. Материалы семинара, 4-5 июля, ЛДНТП, Ленинград, 1995г. Авт. Соловьев Б.В., Зива А.Г., Анисимов В.Е.
9. Опыт применения сталефибробетона в дорожном строительстве. В сб. Применение фибробетона в строительстве. Материалы семинара, 4-5 июля, ЛДНТП, Ленинград, 1995г. Авт. Талантова К.В., Толстенев С.В., Михеев Н.М.
10. Рекомендации по применению сталефибробетона в конструкциях дорожных одежд и мостов. Алтайский Политехнический институт – объединение «Алтайавтодор», Барнаул, 1988г.
11. Фибробетон в Японии. Экспресс – информация ВНИИИС, 1983г., серия №№ , выпуск 11.
12. Обобщение опыта применения торкрет-покрытий. Обзор инф., в 11, Москва. 1986г., Минмонтажспецстрой.
13. Химические добавки в монолитном домостроении. ЦМИПКС – МИСИ; Москва, 1992г. Авт. Анацкий Ф.И.

Области применения сталефибробетона в строительных конструкциях

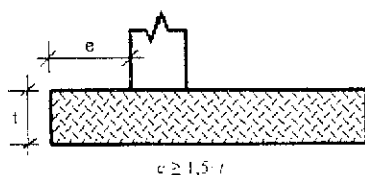
Монолитные конструкции и сооружения	Сборные элементы и конструкции
1	2
Автомобильные дороги	Железнодорожные шпалы
Перекладка покрытия	Элементы труб
Промышленные полы	Склепы
Выравнивающие полы	Балки
Мостовые настилы	Ступени
Ирригационные каналы	Стеновые панели
Взрыво- и взломоустойчивые сооружения	Кровельные панели и черепица
Водоотбойные дамбы	Модули плавающих доков
Огнезащитная штукатурка	Морские сооружения
Емкости для воды и др. жидкостей	Взрыво- и взломоустойчивые конструкции
Обделки тоннелей	Плиты аэродромных, дорожных, тротуарных покрытий и креплений каналов
Пространственные покрытия и сооружения	Карнизные элементы мостов
Оборонные сооружения	Сваи, шпунт
Малозэтажные жилые здания	Обогревательные элементы
Каркас и элементы зданий	Элементы пространственных покрытий и сооружений
	Уличная фурнитура

ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТАЛЕФИБРОБЕТОНА В ЖИЛИЩНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Опорная плита в подвале

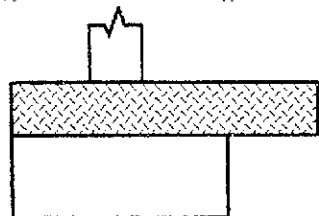
Тип 1. Армирование стальной фиброй

а) опорная плита фундамента

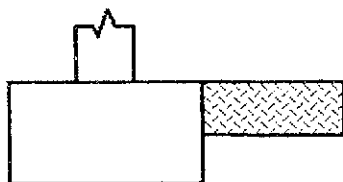


$$e \geq 1,5 \cdot t$$

б) уложенная на ленточный фундамент

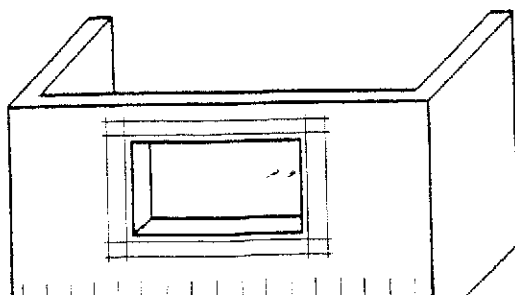
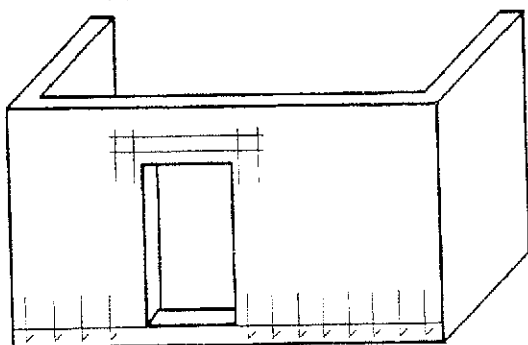


в) уложенная между ленточными фундаментами

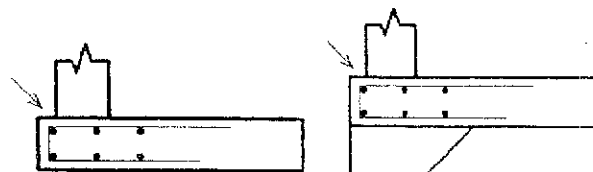


Стены подвала

Армирование вокруг окон и дверей



Тип 2. Армирование стальной фиброй и дополнительным армированием сетками. Конструктивная арматура в случае небольшой избыточной длины опорной плиты.



Сравнительное содержание стальной фибровой арматуры по отношению к арматуре в виде 2-х сеток.

Содержание стальной фибры при сооружении фундаментных плит в жилье из бетона класса прочности В25.

Толщ. см	2xQ131	2xQ188	2xQ221	2xQ257	2xQ377
	Расход фибры на 1 м ³ бетона				
20	20	20	25	30	35
21	20	20	25	25	35
22	20	20	25	25	35
23	20	20	20	25	35
24	20	20	20	25	30
25	20	20	20	25	30
26	20	20	20	20	30
7	20	20	20	20	30
28	20	20	20	20	30
29	20	20	20	20	25
30	20	20	20	20	25

Содержание стальной фибры в жилищном строительстве для конструкций стен из бетона класса прочности В25

Толщ. см	2xQ131	2xQ188	2xQ221	2xQ257	2xQ377
	Расход фибры на 1 м ³ бетона				
Для внутренних стен					
20	20	20	25	30	35
24	20	20	20	25	30
Для наружных стен					
24	20	25	25	25	35
30	20	20	25	25	30

Значения в таблицах - ориентировочные величины