Федеральное агентство по строительству и
жилищно-коммунальному хозяйству РФ

ФГУП «НИЦ Строительство»
филиал «НИИЖБ»

РУКОВОДЯЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

по проектированию, изготовлению и применению
сталефибробетонных конструкций на фибре из
тонкой стальной проволоки

РТМ – 5 – 05 - 2009

Москва – 2009 г.

gost.e-ecolog.ru

Федеральное агентство по строительству и
жилищно-коммунальному хозяйству РФ

ФГУП «НИЦ Строительство»
филиал «НИИЖБ»

Утверждаю
Директор НИИЖБ
_____ А.С.Семченков
_____ 2009г.

РУКОВОДЯЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

по проектированию, изготовлению и применению сталефибробетонных конструкций на фибре из стальной проволоки

РТМ – 5 – 05 - 2009

Разработчики:

Зав. лабораторией конструкций
из дисперсно-армированных бетонов
«НИИЖБ», к.т.н. Волков И.В.

Научный сотрудник Бабекин В.В.

Техник Шибодаева Г.З.

Москва – 2009 г.

Настоящие Руководящие технические материалы (РТМ-5-05-2009) разработаны «НИИЖБ» - филиалом ФГУП «НИЦ Строительство» Федерального агентства по строительству и ЖКХ РФ с целью создания возможности проектирования, производства и широкого применения строительных конструкций и сооружений из сталефибробетона на стальной фибре, рубленной из тонкой низкоуглеродистой проволоки, выпускаемой в промышленном объеме ООО «Промметиз Русь».

РТМ –5-05-2009 разработаны 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».

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

СП 52-104-2003. Сталефибробетонные конструкции.

РТМ-5-05-2009 разработаны: кандидатом технических наук Волковым И.В. (руководитель), научным сотрудником Бабекиным В.В.

РТМ-5-05-2009 разработаны по заказу ООО «Промметиз Русь» в плане помощи строительному делу и прогрессивным начинаниям. Предназначены для инженерно-технических работников проектных, научно-исследовательских и производственных организаций.

РТМ-5-05-2009 рекомендованы секцией НТС «НИИЖБ» к применению в строительстве в качестве нормативно-технического документа по проектированию, изготовлению и возведению конструкций из сталефибробетона на фибре из стальной проволоки, выпускаемой ООО «Промметиз Русь»» по ТУ 1221-002-95751815-2009, а также при лицензировании деятельности предприятий и сертификации выпускаемой продукции.

Материалы, содержащиеся в настоящих РТМ-5-05-2009, по накоплении опыта применения предполагается использовать при корректировке Свода правил СП 52-104-2006.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение IV
1. Область применения 1
2 Ссылки на нормативные и руководящие документы 1
3 Определения 2
4 Общие указания 2
4 1 Основные положения 2
4 2 Основные расчетные требования 5
5. Материалы для сталефибробетонных конструкций 7
5 1. Бетон 7
5.2. Арматура 12
6 Расчет сталефибробетонных конструкций по предельным состояниям первой группы 17
6.1 Общие положения 17
6.2 Расчет по прочности сталефибробетонных элементов на действие изгибающих моментов и продольных сил 18
6.3 Расчет по прочности нормальных сечений предварительно напряженных сталефибробетонных элементов в стадии предварительного обжатия 32
6.4 Расчет по прочности сталефибробетонных элементов при действии поперечных сил 36
6 5 Расчет сталефибробетонных элементов на местное сжатие 40
6.6 Расчет сталефибробетонных элементов на продавливание 42
7. Расчет элементов сталефибробетонных конструкций по предельным состояниям второй группы 52
7.1. Общие положения 52
7.2. Расчет сталефибробетонных элементов по раскрытию трещин 52
7.3. Расчет элементов сталефибробетонных конструкций по деформациям 58
8. Конструктивные требования 63
8.1 Общие положения 63
8.2. Геометрические размеры конструкций 64
8.3. Армирование 65
9. Технология сталефибробетона и конструкций 74
9.1 Требования к приготовлению сталефибробетонной смеси 74
9.2. Подбор состава стелефибробетона 80
9.3. Контроль качества сталефибробетона 81
9.4. Транспортирование сталефибробетонной смеси 82
9 5. Укладка и уплотнение сталефибробетонной смеси 82
Приложения. 86
Приложение А. Терминология 86
Приложение Б. Основные буквенные обозначения 87
Приложение В Методика подбора состава сталефибробетона без химических добавок 88
Приложение Г Перечень проектной документации на сталефибробетонные конструкции 94
Приложение Д. Список рекомендуемой научно-технической литературы по сталефибробетону 95
Приложение Е. Области применения сталефибробетона в строительных конструкциях 96
Приложение Ж. Примеры использования сталефибробетона в жилищном строительстве 97
Приложение И. Технические условия. ТУ 1221-002-95751815-2009 98

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, применения и эксплуатации сталефибробетонных конструкций в различных областях строительства показал высокую технико-экономическую эффективность их применения.

В настоящее время ООО «Промметиз Русь» производит в промышленных объёмах стальную фибру, рубленную из низкоуглеродистой проволоки по разработанной и лицензированной технологии.

Указанная фибра выпускается по ТУ 1221-002-95751815-2009 и предназначена для армирования бетона. Однако ее применение для производства сталефибробетонных конструкций массового назначения не было возможным, т.к. применение этой фибры не предусмотрено нормативным документом СП 52-104-2006 «Сталефибробетонные конструкции». Это объясняется тем, что на момент разработки этого документа производства указанной фибры в отечественной практике не было.

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

Настоящие РТМ-5-05-2009, разработанные в развитие действующих норм содержат положения и рекомендации по проектированию, изготовлению и применению конструкций из сталефибробетона на основе только фибры, выпускаемой ООО «Промметиз Русь» по ТУ 1221-002-95751815-2009.

1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Сталефибробетонные строительные конструкции различного назначения следует проектировать, изготавливать и применять, руководствуясь системой действующих нормативных документов в строительстве и настоящими Руководящими техническими материалами – РТМ-5-05-2009.

Настоящие РТМ 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 и сооружений.

2. ССЫЛКИ НА НОРМАТИВНЫЕ И РУКОВОДЯЩИЕ ДОКУМЕНТЫ.

В настоящих РТМ использованы ссылки на следующие документы

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».
СП 52-17-2008	«Железобетонные пространственные конструкции покрытий и перекрытий. Часть I. Методы расчета и конструирования».
ГОСТ 26633	«Бетоны тяжёлые и мелкозернистые. Технические условия».
ГОСТ 27006	«Бетоны. Правила подбора состава».
ГОСТ 10178	«Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия».
ГОСТ 310.1	«Цементы. Методы испытаний. Общие положения».
ГОСТ 30515	«Цементы. Общие технические условия».
ГОСТ 8736	«Песок для строительных работ. Технические условия».
ГОСТ 8267	«Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ».
ГОСТ 23732	«Вода для бетонов и растворов. Технические условия».
ГОСТ 8735	«Песок для строительных работ. Методы испытаний».
ГОСТ 8269	«Щебень из природного камня, гравий и щебень из гравия для строительных работ. Методы испытаний».
ГОСТ 24211	«Добавки для бетонов. Классификация».
ГОСТ 7473	«Смеси бетонные. Технические условия».

ГОСТ10181	«Смеси бетонные. Общие требования к методам испытаний».
ГОСТ 18105	«Бетоны. Правила контроля прочности».
ГОСТ10180	«Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам».
ГОСТ 10060.0	«Бетоны. Методы определения морозостойкости».
ГОСТ 12730.5	«Бетоны. Методы определения водонепроницаемости».
ГОСТ 12730.1	«Бетоны. Метод определения плотности».
ГОСТ 28570	«Бетоны. Методы определения прочности по образцам, отобранным из конструкций».
ГОСТ 13087	«Бетоны. Методы определения истираемости».
ГОСТ 25818	«Золы-уноса тепловых электростанций для бетона. Технические условия».
ГОСТ 22690	«Бетон. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля».
ГОСТ 10046	«Проволока. Методы испытаний на растяжение».
ГОСТ 1579	«Проволока. Методы испытаний на перегиб».
ГОСТ 3282	«Проволока стальная низкоуглеродистая общего назначения. Технические условия».
ВНП 001-01	«Банк России. Здания территориальных главных управлений национальных банков и расчетно- кассовых центров Центрального Банка Российской Федерации». Москва, 2001г.

«Рекомендации по подбору составов тяжелых и мелкозернистых бетонов» (к ГОСТ 27006). М.НИИЖБ, ВНИИЖБ Госстроя СССР, Оргэнергстрой, Минэнерго СССР, 1990г.

«Рекомендации по применению добавок суперпластификатов 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.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЯ.

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

Основные буквенные обозначения и индексы к буквенным обозначениям, принятые согласно СТ СЭВ 1565-79, приведены в Приложении Б настоящих РТМ. Другие условные обозначения и индексы к ним приняты согласно СНиП 52-01-2003, СНиП 2.03.01-84* , СНиП 2.03.03-85, СП 52-101-2003, СП 52-102-2004 и СП 52-104-2006.

4.ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

4.1 ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

4.1.1 Сталефибробетон является разновидностью дисперсно-армированного бетона (СНиП 52-01, Приложение Б) и изготавливается из тяжелого или мелкозернистого бетона (бетон-матрица), в котором в качестве арматуры используются стальные фибры, дисперсно и равномерно распределенные по объему бетона. Совместная работа бетона и стальных фибр обеспечивается сцеплением по их поверхности, анкеровкой фибры в

бетоне за счет ее периодического профиля, кривизны в продольном и поперечном направлении, а также наличием анкеров на концах фибр.

4.1.2 Сталефибробетонные конструкции по виду армирования рассматриваются как:

фибробетонные – при расчетном армировании только фибрами, равномерно распределенными по объему элемента;

комбинированно армированные – при их расчетном армировании совместно стальными фибрами и стальной стержневой арматурой.

4.1.3 Сталефибробетонные конструкции должны быть обеспечены с требуемой надежностью от возникновения всех видов предельных состояний расчетом, выбором показателей качества материалов, назначением размеров и конструированием согласно указаниям СНиП 52-01 и СП 52-104. При этом должны быть учтены технологические требования по изготовлению конструкций, соблюдены требования по эксплуатации зданий и сооружений, а также требования по экологии, устанавливаемые соответствующими нормативными документами.

4.1.4 Применение сталефибробетонных конструкций в средах с агрессивным воздействием на конструкции из бетона и железобетона допускается при выполнении требований, установленных СНиП 2.03.11 и СП 52-104.

4.1.5 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 конструкций.

4.1.6 Сталефибробетон рекомендуется применять для изготовления конструкций, в которых наиболее эффективно могут быть использованы следующие его технические преимущества по сравнению с традиционным бетоном и железобетоном:

- повышенные трещиностойкость, ударная прочность, вязкость разрушения, износостойкость, морозостойкость, сопротивление кавитации;
- пониженные усадка и ползучесть;
- возможность использования технологически более эффективных конструктивных решений, чем при традиционном стержневом армировании, например, тонкостенных конструкций, конструкций без стержневой распределительной, косвенной или поперечной арматуры;
- пониженные трудозатраты на арматурные работы;
- повышение степени механизации и автоматизации производства конструкций, например, в сборных тонкостенных оболочках, складках, ребристых плитах покрытий и перекрытий, сборных колоннах, балках, монолитных днищах и стенах емкостных сооружений, дорожных и аэродромных покрытиях; монолитных плитах основания пола промышленных и общественных зданий;
- возможность применения новых, более производительных приемов формования армированных конструкций, например, торкретирование, погиб свежеотформованных листовых изделий, роликовое прессование и др.

4.1.7 При выборе конструктивных решений сталефибробетонных конструкций следует учитывать методы их изготовления, монтажа и условия эксплуатации. Форму и размеры сечений элементов следует принимать, исходя из наиболее полного учета свойств сталефибробетона, возможности заводского механизированного и автоматизированного изготовления, удобства транспортирования и монтажа элементов и конструкций.

4.1.8 Сталефибробетонные конструкции могут изготавливаться различными технологическими приемами: предварительным приготовлением смеси в заводских условиях или в бетоносмесителях на строительном объекте, уплотнением с помощью

вибрирования и вакуумирования, роликовым формованием и прессованием, торкретированием и центрифугированием.

4.1.9 При проектировании сталефибробетонных конструкций следует руководствоваться общими положениями и соблюдать расчетные требования СНиП 52-01, СНиП 2.03.11 и СП 52-104.

4.1.10 Сталефибробетон без комбинированного армирования (фибробетон, см. п.4.1.2) рекомендуется применять в элементах конструкций:

работающих преимущественно на ударные нагрузки, смятие, истирание, воздействие кавитации;

работающих преимущественно на сжатие при расположении продольной сжимающей силы в пределах поперечного сечения элемента;

в остальных случаях работающих на сжатие, при расположении продольной сжимающей силы за пределами поперечного сечения элемента, а также работающих на изгиб, когда их разрушение не представляет непосредственной опасности для жизни людей, исправности и сохранности оборудования, т.е. в случаях экономической ответственности конструкций при целесообразности фибрового армирования.

4.1.11 В конструкциях и элементах, подверженных действию крутящих моментов, рекомендуется применять только сталефибробетонные элементы с комбинированным армированием (см.п. 4.1.2).

4.1.12 Расчёт сталефибробетонных конструкций по предельным состояниям выполняется по аналогии с расчетом железобетонных и армоцементных конструкций с учетом расчётных характеристик сталефибробетона в соответствии с положениями разделов 4-7 СП 52-104.

По показателям прочности для бетона-матрицы приняты классы бетона в соответствии с СНиП 52-01.

4.1.13 Статический расчет сталефибробетонных конструкций в виде оболочек и складок следует выполнять как тонкостенных пространственных конструкций.

4.1.14 Сталефибробетонные комбинированно армированные конструкции с предварительным напряжением стержневой арматуры следует проектировать в соответствии с требованиями СНиП 52-01, СП 52-102 и дополнительных указаний СП 52-104.

4.1.15 При расчете сталефибробетонных конструкций среднюю плотность сталефибробетона допускается принимать равной:

- 2500 кг/м^3 для тяжелого бетона-матрицы;
- 2400 кг/м^3 для мелкозернистого бетона-матрицы.

При необходимости может приниматься более точное значение плотности сталефибробетона, определяемое с учетом указаний пп.4.1.17 и 5.1.1 СП 52-104.

4.1.16 Содержание фибровой арматуры (расход фибры) в единице объема сталефибробетона определяется расчетом в соответствии с требованиями к его физико-механическим свойствам, назначаемым из условий применения и требований СП 52-104.

4.1.17 В рабочих чертежах конструкций из сталефибробетона в случае необходимости кроме маркировки фибры и ее требуемого содержания (расхода фибры) в 1 м^3 сталефибробетонной смеси, приводятся требования к технологическим приемам изготовления, обеспечивающим требуемые свойства сталефибробетона.

4.2 ОСНОВНЫЕ РАСЧЕТНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

4.2.1 Расчеты сталефибробетонных конструкций следует производить в соответствии с требованиями пп. 6.1.1-6.1.10 СНиП 52-01 по предельным состояниям, включающим:

– предельные состояния первой группы (по полной непригодности к эксплуатации вследствие потери несущей способности);

– предельные состояния второй группы (по непригодности к нормальной эксплуатации вследствие образования или чрезмерного раскрытия трещин, появления недопустимых деформаций и др.).

Расчеты по предельным состояниям первой группы, содержащиеся в настоящих РТМ, включают расчеты по прочности, по предельным усилиям.

Расчеты по предельным состояниям второй группы, содержащиеся в настоящих РТМ, включают расчеты по раскрытию трещин и по деформациям.

4.2.2 Расчет по предельным состояниям конструкции в целом, а также отдельных ее элементов следует, как правило, производить для всех стадий - изготовления, транспортирования, возведения и эксплуатации; при этом расчетные схемы должны отвечать принятым конструктивным решениям.

4.2.3 Расчеты сталефибробетонных конструкций необходимо, как правило, производить с учетом возможного образования трещин и неупругих деформаций в бетоне и арматуре.

Определение усилий и деформаций от различных воздействий в конструкциях и в образуемых ими системах зданий и сооружений следует производить по методам строительной механики, как правило, с учетом физической и геометрической нелинейности работы конструкций.

4.2.4 При проектировании сталефибробетонных конструкций надежность конструкций устанавливают расчетом путем использования расчетных значений нагрузок и воздействий, расчетных значений характеристик материалов, определяемых с помощью соответствующих частных коэффициентов надежности по нормативным значениям этих характеристик с учетом степени ответственности зданий и сооружений.

Нормативные значения нагрузок и воздействий, коэффициентов сочетаний, коэффициентов надежности по нагрузке, коэффициентов надежности по назначению конструкций, а также подразделение нагрузок на постоянные и временные (длительные и кратковременные) принимают согласно СНиП 2.01.07.

4.2.5 При расчете элементов сборных сталефибробетонных конструкций на воздействие усилий, возникающих при их подъеме, транспортировании и монтаже, нагрузку от массы элементов следует принимать с коэффициентом динамичности, равным: 1,60 - при транспортировании, 1,40 - при подъеме и монтаже. Допускается принимать более низкие, обоснованные в установленном порядке значения коэффициентов динамичности, но не ниже 1,25.

4.2.6 При расчете по прочности сталефибробетонных элементов конструкций на действие сжимающей продольной силы следует учитывать случайный эксцентриситет e_0, принимаемый не менее:

1/600 длины элемента или расстояния между его сечениями, закрепленными от смещения;

1/30 высоты сечения;

10 мм.

Для элементов статически неопределимых конструкций значение эксцентриситета продольной силы относительно центра тяжести приведенного сечения e_0 принимают равным значению эксцентриситета, полученного из статического расчета, но не менее e_0.

Для элементов статически определимых конструкций эксцентриситет e_0 принимают равным сумме эксцентриситетов - из статического расчета конструкций и случайного.

4.2.7 К трещиностойкости сталефибробетонных конструкций предъявляются требования соответствующих категорий в зависимости от условий, в которых они работают и от вида применяемой арматуры:

первая категория – не допускается образование трещин;

вторая категория – допускается ограниченное по ширине непродолжительное и продолжительное раскрытие трещин.

4.2.8 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. 4.1.

Таблица 4.1

Условия работы элементов конструкций	Категории требований к трещиностойкости сталефибробетонных конструкций и предельно допустимая ширина α_{crc1} и α_{crc2}, мм, раскрытия трещин при армировании			
	Фибровом*	Комбинированном		
		Со стержневой арматурой классов А240(А-I), А300(А-II), А400(А-III, А400С), В500(Вр-I, В500С)	Со стержневой арматурой классов А600(А-IV), А800(А-V) и от Вр1200 до Вр1400(Вр-II), К1400(К-7) и К1500(К-19)	Со стержневой арматурой класса А1000(Ат-VI), Вр1500(Вр-II) и К1500(К-19)
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	Первая	Вторая $\alpha_{crc1} = 0,05$ $\alpha_{crc2} = 0,03$	Первая	Первая
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 экусплуатируемые в грунте выше уровня грунтовых вод	Вторая $\alpha_{crc1} = 0,05$ $\alpha_{crc2} = 0,03$	Вторая $\alpha_{crc1} = 0,1$ $\alpha_{crc2} = 0,05$	Первая	Первая

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	Вторая $\alpha_{crc1} = 0,07$ $\alpha_{crc2} = 0,05$	Вторая $\alpha_{crc1} = 0,15$ $\alpha_{crc2} = 0,1$	Вторая $\alpha_{crc1} = 0,07$ $\alpha_{crc2} = 0,05$	Первая
4. Эксплуатируемые в отапливаемых зданиях с относительной влажностью внутреннего воздуха помещений до 60% и при отсутствии возможности систематического увлажнения конструкции конденсатом или атмосферными осадками	Вторая $\alpha_{crc1} = 0,15$ $\alpha_{crc2} = 0,1$	Вторая $\alpha_{crc1} = 0,2$ $\alpha_{crc2} = 0,15$	Вторая $\alpha_{crc1} = 0,15$ $\alpha_{crc2} = 0,1$	Вторая $\alpha_{crc1} = 0,05$ $\alpha_{crc2} = 0,03$
* Применение только фибрового армирования допускается при специальном обосновании				

5. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СТАЛЕФИБРОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

5.1 БЕТОН (МАТРИЦА)

Показатели качества бетона и их применение при проектировании

5.1.1 Для сталефибробетонных конструкций, проектируемых в соответствии с требованиями СП 52-104, следует предусматривать конструкционный тяжелый бетон средней плотности от 2200 кг/м^3 до 2500 кг/м^3 включительно или мелкозернистый бетон средней плотности не менее 2200 кг/м^3, соответствующие ГОСТ 26633.

5.1.2 Основными показателями качества бетона-матрицы, устанавливаемыми при проектировании, являются:

класс бетона-матрицы по прочности на сжатие B;

класс по прочности на осевое растяжение B_t (назначают в случаях, когда эта характеристика имеет главенствующее значение и ее контролируют на производстве);

марка по морозостойкости F (назначают для конструкций, подвергаемых действию попеременного замораживания и оттаивания);

марка по водонепроницаемости W (назначают для конструкций, к которым предъявляют требования ограничения водопроницаемости).

Классы бетона-матрицы по прочности на сжатие B и осевое растяжение B_t отвечают значению гарантированной прочности бетона-матрицы, МПа, с обеспеченностью 0,95.

5.1.3 Для сталефибробетонных конструкций следует предусматривать бетоны-матрицы следующих классов и марок:

классов по прочности на сжатие:

$B20$; $B25$; $B30$; $B35$; $B40$; $B45$; $B50$; $B55$; $B60$;

классов по прочности на осевое растяжение:

B_t 0,8; B_t 1,2; B_t 1,6; B_t 2,0; B_t 2,4; B_t 2,8; B_t 3,2;

марок по морозостойкости:

F 50; F 75; F 100; F 150; F 200; F 300; F 400; F 500;

марок по водонепроницаемости:

W 2; W 4; W 6; W 8; W 10; W 12.

Допускается применение бетона-матрицы более высоких классов и марок, предусмотренных СНиП 52-01 при соответствующем обосновании.

5.1.4 Возраст сталефибробетона, отвечающий его классу по прочности на сжатие (проектный возраст), назначают при проектировании, исходя из возможных реальных сроков загружения конструкций проектными нагрузками. При отсутствии этих данных класс бетона-матрицы устанавливают в возрасте 28 сут.

Значение отпускной прочности бетона-матрицы или сталефибробетона в элементах сборных конструкций следует назначать в соответствии с ГОСТ 13015 и стандартами на конструкции конкретных видов.

5.1.5 Для сталефибробетонных конструкций рекомендуется, как правило, применять бетон-матрицу класса по прочности на сжатие не ниже B 20. Применение бетона-матрицы более низкого класса должно быть обосновано.

5.1.6 Марку сталефибробетона по морозостойкости назначают в зависимости от требований, предъявляемых к конструкциям, режима их эксплуатации и условий окружающей среды.

Для надземных конструкций, подвергаемых атмосферным воздействиям окружающей среды при расчетной отрицательной температуре наружного воздуха в холодный период от минус 5°С до минус 40°С принимают марку бетона-матрицы по морозостойкости не ниже $F75$, а при расчетной температуре наружного воздуха выше минус 5°С в указанных выше конструкциях марку бетона-матрицы по морозостойкости не нормируют.

В остальных случаях требуемые марки бетона-матрицы по морозостойкости устанавливают в зависимости от назначения конструкций и условий окружающей среды согласно другим нормативным документам.

5.1.7 Марку сталефибробетона по водонепроницаемости назначают в зависимости от требований, предъявляемых к конструкциям, режима их эксплуатации и условий окружающей среды.

Для надземных конструкций, подвергаемых атмосферным воздействиям при расчетной отрицательной температуре наружного воздуха выше минус 40°С, а также для наружных стен отапливаемых зданий марку бетона-матрицы по водонепроницаемости не нормируют.

В остальных случаях требуемые марки бетона-матрицы по водонепроницаемости устанавливают по специальным указаниям.

Нормативные и расчетные значения характеристик бетона (матрицы)

Нормативные значения прочностных характеристик бетона-матрицы

5.1.8 Основными прочностными характеристиками бетона-матрицы являются нормативные значения:

- сопротивления осевому сжатию $R_{b,n}$;

- сопротивления осевому растяжению $R_{bt,n}$.

Нормативные значения сопротивления бетона-матрицы осевому сжатию (призменная прочность) и осевому растяжению (при назначении класса бетона-

матрицы на прочность на сжатие) принимают в зависимости от класса бетона-матрицы по прочности на сжатие B согласно табл. 5.1.

При назначении класса бетона-матрицы по прочности на осевое растяжение B_t нормативные значения сопротивления бетона-матрицы осевому растяжению $R_{bt,n}$, принимают равными числовой характеристике класса бетона-матрицы на осевое растяжение.

Расчетные значения прочностных характеристик бетона-матрицы

5.1.9 Расчетные значения сопротивления бетона-матрицы осевому сжатию R_b и осевому растяжению R_{bt} определяют по формулам:

$$R_b = \frac{R_{b,n}}{\gamma_b}; \qquad (5.1)$$

$$R_{bt} = \frac{R_{bt,n}}{\gamma_{bt}}. \qquad (5.2)$$

Значения коэффициента надежности по бетону-матрице при сжатии γ_b принимают равными:

1,3 - для предельных состояний по несущей способности (первая группа);

1,0 - для предельных состояний по эксплуатационной пригодности (вторая группа).

Значения коэффициента надежности по бетону-матрице при растяжении γ_{bt} принимают равными:

1,5 - для предельных состояний по несущей способности при назначении класса бетона-матрицы по прочности на сжатие;

1,3 - для предельных состояний по несущей способности при назначении класса бетона-матрицы по прочности на осевое растяжение;

1,0 - для предельных состояний по эксплуатационной пригодности.

Расчетные значения сопротивления бетона-матрицы R_b, R_{bt}, $R_{b,ser}$, $R_{bt,ser}$ (с округлением) в зависимости от класса бетона-матрицы по прочности на сжатие и осевое растяжение приведены: для предельных состояний первой группы - соответственно в табл. 5.2 и 5.3, второй группы - в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Вид сопротивления	Бетон	Нормативные значения сопротивления бетона-матрицы $R_{b,n}$ и $R_{bt,n}$ и расчетные значения сопротивления бетона-матрицы для предельных состояний второй группы $R_{b,ser}$ и $R_{bt,ser}$, МПа, при классе бетона-матрицы по прочности на сжатие									
		B10	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50	B55	B60
Сжатие осевое (призменная прочность) $R_{b,n}$, $R_{b,ser}$	Тяжелый и мелкозернистый группы А	7,5	11,0	15,0	18,5	22,0	25,5	29,0	32,0	36,0	39,5	43,0
Растяжение осевое $R_{bt,n}$, $R_{bt,ser}$	Тяжелый и мелкозернистый группы А	0,85	1,10	1,35	1,55	1,75	1,95	2,10	2,25	2,45	2,60	2,75
Примечание - группа мелкозернистых бетонов-матриц приведена в п. 2.3 СНиП 2.03.01-84*												

Таблица 5.2

Вид сопротивления	Бетон	Расчетные значения сопротивления бетона-матрицы для предельных состояний первой группы R_b и R_{bt}, МПа, при классе бетона-матрицы по прочности на сжатие									
		B10	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50	B55	B60
Сжатие осевое (призменная прочность) R_b	Тяжелый и мелкозернистый группы А	6,0	8,5	11,5	14,5	17,0	19,5	22,0	25,0	27,5	30,0	33,0
Растяжение осевое R_{bt}	Тяжелый и мелкозернистый группы А	0,56	0,75	0,9	1,05	1,15	1,30	1,40	1,50	1,60	1,70	1,80
Примечание - группа мелкозернистых бетонов-матриц приведена в п. 2.3 СНиП 2.03.01-84*												

Таблица 5.3

Вид сопротивления	Бетон	Расчетные значения сопротивления бетона-матрицы для предельных состояний первой группы R_{bt}, МПа, при классе бетона-матрицы по прочности на осевое растяжение						
		B_t 0,8	B_t 1,2	B_t 1,6	B_t 2,0	B_t 2,4	B_t 2,8	B_t 3,2
Растяжение осевое R_{bt}	Тяжелый и мелкозернистый группы А	0,62	0,93	1,25	1,55	1,85	2,15	2,45
Примечание - группа мелкозернистых бетонов-матриц приведена в п. 2.3 СНиП 2.03.01-84*								

5.1.10 В необходимых случаях расчетные значения прочностных характеристик бетона-матрицы умножают на следующие коэффициенты условий работы γ_{bi}, учитывающие особенности работы бетона-матрицы в конструкции (характер нагрузки, условия окружающей среды и т.д.):

γ_{b1} - для сталефибробетонных конструкций, вводимый к расчетным значениям сопротивлений R_b и R_{bt} и учитывающий влияние длительности действия статической нагрузки:

$\gamma_{b1} = 1,0$ - при непродолжительном (кратковременном) действии нагрузки;

$\gamma_{b1} = 0,9$ - при продолжительном (длительном) действии нагрузки;

γ_{b3} - для сталефибробетонных конструкций, бетонируемых в вертикальном положении при высоте слоя бетонирования свыше 1,5 м, вводимый к расчетному значению сопротивления бетона R_b, $\gamma_{b3} = 0,85$.

Влияние попеременного замораживания и оттаивания, а также отрицательных температур, учитывают коэффициентом условий работы бетона $\gamma_{b4} \le 1,0$. Для надземных конструкций, подвергаемых атмосферным воздействиям окружающей среды при расчетной температуре наружного воздуха в холодный период минус 40°С и выше, принимают коэффициент $\gamma_{b4} = 1,0$.

В остальных случаях значения коэффициента принимают в зависимости от назначения конструкции и условий окружающей среды.

Деформационные характеристики бетона-матрицы

5.1.11 Основными деформационными характеристиками бетона-матрицы являются значения:

– предельных относительных деформаций бетона-матрицы при осевом сжатии и растяжении (при однородном напряженном состоянии бетона-матрицы), ε_{bo} и ε_{bto};

– начального модуля упругости E_b;

– коэффициента (характеристики) ползучести $\varphi_{b,cr}$;

– коэффициента поперечной деформации бетона-матрицы (коэффициента Пуассона) $\nu_{b,P}$;

– коэффициента линейной температурной деформации бетона-матрицы α_{bt}.

5.1.12 Значения предельных относительных деформаций бетона-матрицы принимают равными:

при непродолжительном действии нагрузки

$\varepsilon_{bo} = 0{,}003$ – при осевом сжатии;

$\varepsilon_{bto} = 0{,}00015$ – при осевом растяжении;

при продолжительном действии нагрузки - по табл. 5.6 в зависимости от относительной влажности окружающей среды.

5.1.13 Значения начального модуля упругости бетона-матрицы при сжатии и растяжении принимают в зависимости от класса бетона-матрицы по прочности на сжатие B согласно табл. 5.4.

При продолжительном действии нагрузки значения начального модуля деформаций бетона-матрицы определяют по формуле:

$$E_{b,\tau} = \frac{E_b}{1+\varphi_{b,cr}}, \qquad (5.3)$$

где $\varphi_{b,cr}$ – коэффициент ползучести, принимаемый согласно п. 5.1.14.

Таблица 5.4

Бетон	Значения начального модуля упругости бетона-матрицы при сжатии и растяжении E_b, МПа·10^{-3}, при классе бетона-матрицы по прочности на сжатие										
	B10	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50	B55	B60
Тяжелый	19,0	24,0	27,5	30,0	32,5	34,5	36,0	37,0	38,0	39,0	39,5
Мелкозернистый группы А	16,5	20,5	22,5	24,0	26,0	27,5	28,5	-	-	-	-
Примечание - группа мелкозернистых бетонов-матриц приведена в п.2.3 СНиП 2.03.01-84*											

Таблица 5.5

Относительная влажность воздуха окружающей среды, %	Значения коэффициента ползучести $\varphi_{b,cr}$ при классе бетона-матрицы на сжатие										
	B10	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50	B55	B60
Выше 75	2,8	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0
40 - 75	3,9	3,4	2,8	2,5	2,3	2,1	1,9	1,8	1,6	1,5	1,4
Ниже 40	5,6	4,8	4,0	3,6	3,2	3,0	2,8	2,6	2,4	2,2	2,0
Примечание – относительную влажность воздуха окружающей среды принимают по СНиП 2.03-01-84* как среднюю месячную относительную влажность наиболее теплого месяца для района строительства.											

Таблица 5.6

Относительная влажность воздуха окружающей среды, %	Относительные деформации бетона-матрицы при продолжительном действии нагрузки					
	при сжатии			при растяжении		
	$\varepsilon_{bo}\cdot10^3$	$\varepsilon_{b2}\cdot10^3$	$\varepsilon_{b1,red}\cdot10^3$	$\varepsilon_{bto}\cdot10^3$	$\varepsilon_{bt2}\cdot10^3$	$\varepsilon_{bt1,red}\cdot10^3$
Выше 75	3,0	4,2	2,4	0,21	0,27	0,19
40 . . . 75	3,4	4,8	2,8	0,24	0,31	0,22
Ниже 40	4,0	5,6	3,4	0,28	0,36	0,26
Примечание – относительную влажность воздуха окружающей среды принимают по СНиП 23-01-84 как среднюю месячную относительную влажность наиболее теплого месяца для района строительства.						

5.1.14 Значения коэффициента ползучести бетона-матрицы $\varphi_{b,cr}$ принимают в зависимости от условий окружающей среды (относительной влажности воздуха) и класса бетона. Значения коэффициента ползучести бетона-матрицы приведены в табл. 5.5.

5.1.15 Значение коэффициента поперечной деформации бетона-матрицы допускается принимать $\nu_{b,P}=0{,}2$.

5.1.16 Значение коэффициента линейной температурной деформации бетона-матрицы при изменении температуры от минус 40^{0}С до плюс 50^{0}С принимают $\alpha_{bt}=1\cdot10^{-5}\ {}^{o}C^{-1}$.

5.1.17 При необходимости в расчетах характеристики бетона-матрицы E_b, $E_{b,\tau}$ и α_{bt} могут заменяться соответствующими характеристиками сталефибробетона, определяемыми по следующим формулам.

Начальный модуль упругости сталефибробетона E_{fb} определяется по формуле:

$$E_{fb}=E_b\left(1-\mu_{fv}\right)+E_f\mu_{fv}. \qquad (5.4)$$

Значения коэффициента линейной температурной деформации сталефибробетона α_{fbt} определяется по формуле:

$$\alpha_{fbt}=\alpha_{bt}\left(1-\mu_{fv}\right)+\alpha_{ft}\mu_{fv}, \qquad (5.5)$$

где α_{ft} - коэффициент линейной температурной деформации стали, принимаемый равным 0,000012 при температуре в диапазоне от минус 40^{0}С до плюс 50^{0}С.

В формулах 5.4 и 5.5 - μ_{fv} коэффициент фибрового армирования по объему.

5.2 АРМАТУРА

Показатели качества арматуры

5.2.1 Для фибрового армирования сталефибробетонных конструкций принимается стальная фибра рубленная из проволоки, выпускаемая по ТУ 1221-002-95751815-2009.

5.2.2 Процент фибрового армирования по объему μ_{fv} (содержание фибры в 1м^3 сталефибробетонной смеси) указывается в проектной документации на изделие, конструкцию или сооружение.

5.2.3 Стержневая арматура для комбинированного армирования сталефибробетонных конструкций, а также закладные детали принимаются в соответствии с рекомендациями пп. 5.2.1-5.2.12 СП 52-101 и разделов 2.2.1-2.2.2 СП 52-102.

Нормативные и расчетные значения характеристик фибровой арматуры (фибры)

Нормативные значения прочностных характеристик фибры

Основной прочностной характеристикой фибры является нормативное значение сопротивления растяжению $R_{f,n}$, принимаемое в зависимости от вида фибровой арматуры по табл. 5.7.

Указанная контролируемая характеристика фибры принимается в соответствии с вышеуказанными ТУ и гарантируется с вероятностью 0,95.

Расчетные значения прочностных характеристик фибры

5.2.4 Расчетное сопротивление фибры растяжению для предельных состояний первой группы R_f определяется путем деления нормативного сопротивления на коэффициент надежности по фибровой арматуре γ_f, приведенный в табл. 5.7.

Таблица 5.7

№ п. п	Вид фибровой арматуры	Нормативные сопротивления растяжению $R_{f,n}$ 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
			Первой группы	Второй группы	
	Фибра стальная из проволоки, отвечающая ТУ 1221-002-95751815-2009 при диаметре:				
1	от 0,5мм до 0,8 мм	850	1,05	1,00	810
2	от 0,85 мм до 1,2 мм	720	1,10	1,00	655
3	от 1,25 мм до 1,6 мм	690	1,15	1,00	600

5.2.5 Модуль упругости стальной фибровой арматуры E_f, принимается равным:

– $1{,}9 \cdot 10^5$ МПа.

5.2.6 При комбинированном армировании (см. пп. 4.1.2; 5.2.3) нормативные и расчетные сопротивления растяжению и сжатию стержневой арматуры, коэффициенты условий работы и модули упругости этой арматуры принимаются согласно СП 52-101 и СП 52-102.

Предварительные напряжения стержневой арматуры при комбинированном армировании

5.2.7 Предварительные напряжения стержневой арматуры σ_{sp} принимают не более $0{,}9R_{s,n}$ для горячекатаной и термомеханически упрочненной арматуры и не более $0{,}8R_{s,n}$ для холоднодеформированной арматуры и арматурных канатов.

5.2.8 При расчете предварительно напряженных конструкций следует учитывать снижение предварительных напряжений в стержневой арматуре вследствие потерь

предварительного напряжения до передачи усилий натяжения на сталефибробетон (первые потери) и после передачи усилия натяжения на сталефибробетон (вторые потери).

Первые потери предварительного напряжения включают потери от релаксации предварительных напряжений в арматуре, от температурного перепада при термической обработке конструкций, от деформации анкеров и деформации формы (упоров).

Вторые потери предварительного напряжения включают потери от усадки и ползучести сталефибробетона.

5.2.9 Потери от релаксации напряжений арматуры $\Delta\sigma_{sp1}$ определяют по формулам:

для арматуры классов А600 – А1000 при способе натяжения:

механическом - $\Delta\sigma_{sp1} = 0{,}1\sigma_{sp} - 2{,}0$; (5.6)

электротермическом - $\Delta\sigma_{sp1} = 0{,}03\sigma_{sp}$; (5.7)

для арматуры классов Вр1200 – Вр1500, К1400, К1500 при способе натяжения:

механическом - $\Delta\sigma_{sp1} = \left(0{,}22\frac{\sigma_{sp}}{R_{s,n}} - 0{,}1\right)\sigma_{sp}$; (5.8)

электротермическом - $\Delta\sigma_{sp1} = 0{,}05\sigma_{sp}$. (5.9)

Здесь σ_{sp} принимается без потерь в МПа.

При отрицательных значениях $\Delta\sigma_{sp1}$ принимают $\Delta\sigma_{sp1} = 0$.

При наличии более точных данных о релаксации арматуры допускается принимать иные значения потерь от релаксации.

5.2.10 Потери $\Delta\sigma_{sp2}$ от температурного перепада $\Delta t\left(^0C\right)$, определяемого как разность температур натянутой арматуры в зоне нагрева и устройства, воспринимающего усилия натяжения при нагреве бетона, принимают равными:

$\Delta\sigma_{sp2} = 1{,}25\Delta t$ (МПа). (5.10)

При отсутствии точных данных по температурному перепаду допускается принимать $\Delta t = 65^0C$.

При наличии более точных данных о температурной обработке конструкции допускается принимать иные значения потерь от температурного перепада.

5.2.11 Потери от деформации стальной формы (упоров) $\Delta\sigma_{sp3}$ при неодновременном натяжении арматуры на форму определяют по формуле:

$$\Delta\sigma_{sp3} = \frac{n-1}{2n}\cdot\frac{\Delta l}{l}E_s, \quad (5.11)$$

где n - число стержней (групп стержней), натягиваемых неодновременно;

Δl - сближение упоров по линии действия усилия натяжения арматуры, определяемое из расчета деформации формы;

l – расстояние между наружными гранями упоров.

При отсутствии данных о конструкции формы и технологии изготовления допускается принимать $\Delta\sigma_{sp3}$=30 МПа.

При электротермическом способе натяжения арматуры потери от деформации формы не учитываются.

5.2.12 Потери от деформации анкеров натяжных устройств $\Delta\sigma_{sp4}$ определяют по формуле:

$$\Delta\sigma_{sp4} = \frac{\Delta l}{l}E_s, \quad (5.12)$$

где Δl - обжатие анкеров или смещение стержня в зажимах анкеров;

l – расстояние между наружными гранями упоров.

При отсутствии данных допускается принимать Δl =2мм.

При электротермическом способе натяжения арматуры потери от деформации анкеров не учитывают.

5.2.13 Потери от усадки сталефибробетона $\Delta\sigma_{sp5}$ определяют по формуле:

$$\Delta\sigma_{sp5} = \varepsilon_{fb,sh} E_s, \qquad (5.13)$$

где $\varepsilon_{fb,sh}$ - деформации усадки сталефибробетона, значения которых можно приближенно принимать в зависимости от класса бетона-матрицы равными:

0,0002 – для бетона-матрицы классов В35 и ниже;

0,00025 – для бетона-матрицы класса В40;

0,0003 – для бетона-матрицы классов В45 и выше.

Допускается потери от усадки сталефибробетона определять более точными методами.

5.2.14 Потери от ползучести сталефибробетона $\Delta\sigma_{sp6}$ определяют по формуле:

$$\Delta\sigma_{spj6} = \frac{0{,}8\alpha\varphi_{b,cr}\sigma_{fbpj}}{1+\alpha\mu_{spj}\left(1+\frac{e_{op}y_{sj}^2 A_{red}}{I_{red}}\right)\left(1+0{,}8\varphi_{b,cr}\right)}, \qquad (5.14)$$

где $\varphi_{b,cr}$ - коэффициент ползучести бетона-матрицы, принимаемый согласно п. 5.1.14 настоящего СП;

σ_{fbpj} - напряжения в сталефибробетоне на уровне центра тяжести рассматриваемой j-ой группы стержней напрягаемой арматуры;

e_{op} - эксцентриситет усилия $P_{(1)}$ относительно центра тяжести приведенного поперечного сечения элемента;

y_{sj} - расстояние между центрами тяжести сечения рассматриваемой группы стержней напрягаемой арматуры и приведенного поперечного сечения элемента;

A_{red}, I_{red} - соответственно площадь приведенного сечения элемента и ее момент инерции относительно центра тяжести приведенного сечения;

μ_{spj} - коэффициент армирования, равный A_{spj}/A, где A и A_{spj} - площади поперечного сечения, соответственно, элемента и рассматриваемой группы стержней напрягаемой арматуры.

При этом значения потерь предварительного напряжения от ползучести сталефибробетона $\Delta\sigma_{sp6}$ принимаются определенными по формуле 5.14 настоящего СП с умножением на понижающий коэффициент, учитывающий влияние фибрового армирования и принимаемый равным:

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

0,90 – при $0{,}007 < \mu_{fv} \le 0{,}01$

0,85 – при $\mu_{fv} > 0{,}01$

Допускается потери от ползучести сталефибробетона определять более точными методами.

Напряжения σ_{fbpj} определяют по правилам расчета упругих материалов, принимая приведенное сечение элемента, включающее площади сечения сталефибробетона и всей

продольной арматуры (напрягаемой и ненапрягаемой) с коэффициентом приведения арматуры к сталефибробетону $\alpha = \frac{E_s}{E_{fb}}$, согласно п. 5.2.16.

5.2.15 Полные значения первых потерь предварительного напряжения арматуры (по пп. 5.2.9-5.2.12) определяют по формуле:

$$\Delta\sigma_{sp(1)} = \sum_{i=1}^{i=4} \Delta\sigma_{spi}, \qquad (5.15)$$

где i - номер потерь предварительного напряжения.

Усилие предварительного обжатия сталефибробетона с учетом первых потерь равно:

$$P_{(1)} = \sum_{j} \left(A_{spj}\sigma_{sp(1)j}\right), \qquad (5.16)$$

где A_{spj} и $\sigma_{sp(1)j}$ - соответственно площадь сечения j-ой группы стержней напрягаемой арматуры в сечении элемента и предварительное напряжение в группе с учетом первых потерь

$$\sigma_{sp(1)j} = \sigma_{spj} - \Delta\sigma_{sp(1)j}.$$

Здесь σ_{bpj} - начальное предварительное напряжение рассматриваемой группы стержней арматуры.

Полные значения первых и вторых потерь предварительного напряжения арматуры (по пп.5.2.9-5.2.14) определяют по формуле:

$$\Delta\sigma_{sp(2)} = \sum_{i=1}^{i=6} \Delta\sigma_{spi}. \qquad (5.17)$$

Усилие в напрягаемой арматуре с учетом полных потерь равно:

$$P_{(2)} = \sum_{j} \left(A_{spj}\sigma_{sp(2)j}\right), \qquad (5.18)$$

где $\sigma_{sp(2)j} = \sigma_{spj} - \Delta\sigma_{sp(2)j}$.

При проектировании конструкций полные суммарные потери $\sigma_{sp(2)j}$ следует принимать не менее 100 МПа.

При определении усилия предварительного обжатия сталефибробетона P с учетом полных потерь напряжений следует учитывать сжимающие напряжения в ненапрягаемой арматуре, численно равные сумме потерь от усадки и ползучести сталефибробетона на уровне этой арматуры.

5.2.16 Предварительные напряжения в сталефибробетоне σ_{fbp} при передаче усилия предварительного обжатия $P_{(1)}$, определяемого с учетом первых потерь, не должны превышать : если напряжения уменьшаются или не изменяются при действии внешних нагрузок - $0{,}9R_{fbp}$; если напряжения увеличиваются при действии внешних нагрузок - $0{,}7R_{fbp}$.

Напряжения в сталефибробетоне σ_{fbp} определяют по формуле:

$$\sigma_{fbp} = \frac{P_{(1)}}{A_{red}} \pm \frac{P_{(1)}e_{op}y}{I_{red}} \pm \frac{My}{I_{red}}, \qquad (5.19)$$

где $P_{(1)}$ - усилие предварительного обжатия с учетом первых потерь;

M - изгибающий момент от внешней нагрузки, действующий в стадии обжатия (собственный вес элемента);

e_{op} - эксцентриситет усилия $P_{(1)}$ относительно центра тяжести приведенного поперечного сечения элемента;

y - расстояние от центра тяжести сечения до рассматриваемого волокна.

5.2.17 Длину зоны передачи предварительного напряжения на сталефибробетон для арматуры без дополнительных анкерующих устройств определяют по формуле:

$$l_p = \frac{\sigma_{sp} A_s}{R_{bond} u_s}, \qquad (5.20)$$

но не менее $10\,d_s$ и 200 мм, а для арматурных канатов не менее 300 мм.

В формуле (5.15):

σ_{sp} - предварительное напряжение в напрягаемой арматуре с учетом первых потерь (см.п. 5.2.15);

R_{bond} - сопротивление сцепления напрягаемой арматуры со сталефибробетоном, отвечающее передаточной прочности сталефибробетона и определяемое согласно указаний п. 8.3.25;

A_s, u_s - соответственно площадь и периметр стержня арматуры.

Передачу предварительного напряжения с арматуры на сталефибробетон рекомендуется осуществлять плавно.

6. РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ СТАЛЕФИБРОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПО ПРЕДЕЛЬНЫМ СОСТОЯНИЯМ ПЕРВОЙ ГРУППЫ

6.1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

6.1.1 Сталефибробетонные элементы рассчитывают по прочности на действие изгибающих моментов, продольных и поперечных сил, крутящих моментов и на местное действие нагрузки (местное сжатие, продавливание).

6.1.2 При расчете сталефибробетонных конструкций по прочности, они рассматриваются как железобетонные с фибровой арматурой, равномерно распределенной по всему объему (сечению).

6.1.3 Расчет по прочности сталефибробетонных конструкций производится по предельным усилиям с учетом вида армирования – фибрового или комбинированного (см. п. 4.1.2).

6.1.4 Расчет предварительно напряженных элементов производят для стадии эксплуатации на действие изгибающих моментов и поперечных сил от внешних нагрузок и для стадии предварительного обжатия на действие усилий от предварительного натяжения арматуры и усилий от внешних нагрузок, действующих в стадии обжатия.

6.1.5 Расчет преднапряженных сталефибробетонных элементов в стадии обжатия производят как при внецентренном сжатии усилием предварительного обжатия в предельном состоянии согласно п. 6.3.2.

6.1.6 При расчете предварительно напряженных сталефибробетонных элементов по прочности следует учитывать возможные отклонения предварительного напряжения, определяемого согласно п. 5.2.15, путем умножения значений σ_{spj} (или усилия обжатия P_j) для рассматриваемого j-го стержня или группы стержней напрягаемой арматуры на коэффициент γ_{sp}.

Значения коэффициента γ_{sp} принимают равными:

0,9 – при благоприятном влиянии предварительного напряжения;
1,1 – при неблагоприятном влиянии предварительного напряжения.

6.2 РАСЧЕТ ПО ПРОЧНОСТИ СТАЛЕФИБРОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ДЕЙСТВИЕ ИЗГИБАЮЩИХ МОМЕНТОВ И ПРОДОЛЬНЫХ СИЛ

Общие положения

6.2.1 Расчет по прочности сталефибробетонных элементов при действии изгибающих моментов и продольных сил (внецентренное сжатие или растяжение) следует производить для сечений, нормальных к их продольной оси.

Расчет по прочности нормальных сечений сталефибробетонных элементов следует производить на основе предельных усилий.

Расчет по прочности сталефибробетонных элементов на действие крутящих моментов допускается производить для сталефибробетонных элементов с комбинированным армированием на основе положений и по аналогии с расчетом железобетонных элементов по пп. 6.2.36-6.2.41 СП 52-101.

6.2.2 При расчете внецентренно сжатых сталефибробетонных элементов следует учитывать влияние прогиба на их несущую способность, как правило, путем расчета конструкций по деформированной схеме.

Допускается производить расчет конструкций по недеформированной схеме, учитывая при гибкости $\frac{l_0}{i} > 14$ влияние прогиба элемента на его прочность, путем умножения начального эксцентриситета e_0 на коэффициент η, определяемый согласно п. 6.2.26.

6.2.3 Для сталефибробетонных элементов, у которых предельное усилие по прочности оказывается меньше предельного усилия по образованию трещин (п. 7.2.6), площадь сечения продольной арматуры должна быть увеличена по сравнению с требуемой из расчета по прочности не менее чем на 15% или соответствовать предельному усилию по образованию трещин.

Расчет по прочности нормальных сечений по предельным усилиям.

6.2.4 Предельные усилия в сечении, нормальном к продольной оси элемента, следует определять исходя из следующих предпосылок:

- сопротивление сталефибробетона растяжению представляется напряжениями, равными R_{fbt} и равномерно распределенными по растянутой зоне сталефибробетона;

- сопротивление сталефибробетона сжатию представляется напряжениями, равными R_{fb} и равномерно распределенными по сжатой зоне сталефибробетона;

- деформации (напряжения) в арматуре определяют в зависимости от высоты сжатой зоны сталефибробетона;

- растягивающие напряжения в стержневой арматуре принимают не более расчетного сопротивления растяжению R_s;

- сжимающие напряжения в стержневой арматуре принимают не более расчетного сопротивления сжатию R_{sc}.

Допускается принимать для растянутой арматуры с условным пределом текучести напряжения выше R_s, но не более $1{,}1\,R_s$ в зависимости от соотношения ξ и ξ_R (п.6.2.15).

6.2.5 Расчетные сопротивления сталефибробетона сжатию R_{fb} и растяжению R_{fbt} определяются в зависимости от класса по прочности на сжатие бетона-матрицы, геометрии и размеров сечения элемента в соответствии с пп.6.2.6-6.2.12 настоящих РТМ.

6.2.6 При определении R_{fbt} различаются два случая:

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

$$\ell_{f,an} < \frac{\ell_f}{2}; \qquad (6.1)$$

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

$$\ell_{f,an} \geq \frac{\ell_f}{2}. \qquad (6.2)$$

В формулах (6.1) и (6.2) $l_{f,an}$ - длина заделки фибры в бетоне, обеспечивающая ее разрыв при выдергивании, определяемая по формуле:

$$\ell_{f,an} = \frac{\eta_f d_f R_{f,ser}}{R_{b,ser}}, \qquad (6.3)$$

где d_f - диаметр используемой фибры, мм;

$R_{f,ser}$ – нормативное сопротивление растяжению фибр, (МПа);

η_f – коэффициент, учитывающий анкеровку фибры и принимаемый равным:

1,00 – для фибры типа ФЛГ;
0,95 - для фибры типа ФЛП ;
0,85 - для фибры типа ФЛА,
0,80 – для фибры типа ФВ при диаметре $d_f \succ 0{,}8мм$
0,75 – для фибры типа ФВ при диаметре $d_f \leq 0{,}8мм$.

При проектировании $d_{f,red}$ принимается равным:

$$d_{f,red} = 1{,}13\sqrt{S_f}, \qquad (6.4)$$

где S_f - площадь номинального поперечного сечения фибры, определяемая по ее номинальным размерам, принимаемым по соответствующим ТУ.

6.2.7 Если имеет место первый случай исчерпания сопротивления растяжению сталефибробетона, то величина R_{fbt} определяется по формуле:

$$R_{fbt} = m_1\left[K_T k_{or}^2 \mu_{fv} R_f (1 - \frac{\ell_{fan}}{\ell_f}) + 0{,}1 R_b (0{,}8 - \sqrt{2\mu_{fv} - 0{,}005})\right], \qquad (6.5)$$

где m_1 – коэффициент условий работы, принимаемый равным 1,0 для фибры диаметром $d_f \geq 0{,}9мм$ и 1,1 – для фибры диаметром $d_f \leq 0{,}8мм$.

κ_{or} – коэффициент ориентации, учитывающий ориентацию фибр в объеме элемента в зависимости от соотношения размеров сечения элемента и длины фибры, принимаемый по табл. 6.1;

μ_{fv} – коэффициент фибрового армирования по объему;

K_T –коэффициент, определяемый по формуле:

$$K_T = \sqrt{1 - (1{,}2 - 80\mu_{fv})^2}, \qquad (6.6)$$

Таблица 6.1

Значение κ_{or} в зависимости от размеров сечения растянутого элемента при:								
h/ℓ_f	b/l_f							
	0,5	1	2	3	5	10	20	Более 20
0,2	0,98	0,93	0,78	0,732	0,695	0,665	0,651	0,637
0,4	0,97	0,92	0,77	0,724	O,686	0,658	0,642	0,628
0,6	-	0,91	0,76	0,718	0,681	0,653	0,638	0,624
0,8	-	0,90	0,75	0,707	0,671	0,643	0,628	0,615
1,0	-	-	0,73	0,687	0,652	0,624	0,610	0,597
1,5	-	-	0,69	0,649	0,615	0,589	0,577	0,564
2	-	-	0,67	0,630	0,597	0,573	0,559	0,548
3	-	-	-	0,612	0,580	0,556	0,543	0,532
5	-	-	-	-	0,556	0,543	0,530	0,519
10	-	-	-	-	-	0,533	0,520	0,510
20	-	-	-	-	-	-	0,516	0,505
Более 20	-	-	-	-	-	-	-	0,5
b и h – соответственно, больший и меньший размеры сечения элемента (или его части), перпендикулярного к направлению внешнего растягивающего усилия.								

6.2.8 Если имеет место второй случай исчерпания сопротивления растяжению сталефибробетона величина R_{fbt} определяется по формуле:

$$R_{fbt} = m_2 R_b (K_T \frac{k_{or}^2 \mu_{fv} \ell_f}{8\eta_f d_{f,red}} + 0{,}08 - 0{,}5\mu_{fv}), \qquad (6.7)$$

где m_2 – коэффициент условий работы, принимаемый равным 1,0 для фибры диаметром $d_f \le 0.8мм$; 1,1 – для фибры диаметром $d_f \succ 0.8мм$.

6.2.9 Значения коэффициентов m_1 и m_2 в случаях применения прогрессивных технологий могут быть уточнены после экспериментального обоснования в соответствующем порядке.

6.2.10 Расчетное сопротивление сжатию сталефибробетона R_{fb} определяется в зависимости от класса по прочности на сжатие бетона-матрицы, 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 (6.1) п. 6.2.6 настоящих РТМ.

Величина R_{fb} определяется по формуле:

$$R_{fb} = R_b + (\kappa_n^2 \varphi_f \mu_f R_f), \qquad (6.8)$$

где κ_n – коэффициент, учитывающий работу фибр в сечении, перпендикулярном направлению внешнего сжимающего усилия и принимаемый по табл.6.2;

φ_f – коэффициент эффективности косвенного армирования фибрами, вычисляемый по формуле:

$$\varphi_f = \frac{5+L}{1+4{,}5L}, \qquad (6.9)$$

где $$L = \frac{k_n^2 \mu_{fv} R_f}{R_b}. \qquad (6.10)$$

6.2.11 При расчете конструкций для определения величин R_{fb} и R_{fbt} коэффициенты κ_{or} и κ_n принимаются, соответственно, по табл. 6.1 и 6.2 различным для отдельных частей сечения рассчитываемого элемента (верхней полки, нижней полки, стенки, ребра и т.п.) в зависимости от соотношения их размеров и длины фибры.

6.2.12 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

$$\mu_{fa} = \mu_{fv}\kappa_{or}^2; \qquad (6.11)$$

для сжатой зоны

$$\mu'_{fa} = \mu_{fv}\kappa_n^2, \qquad (6.12)$$

где μ_{fa} и μ'_{fa} - коэффициенты фибрового армирования по площади,

μ_{fv} - коэффициент фибрового армирования по объему,

κ_{or} и κ_n коэффициенты, принимаемые соответственно по табл. 6.1 и 6.2 настоящих РТМ.

Таблица 6.2

Значение κ_n в зависимости от размеров сечения сжатого элемента при:								
h/ℓ_f	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.								

6.2.13 При расчете прочности сталефибробетонных конструкций величины расчетных сопротивлений принимаются для составляющих частей поперечного сечения элемента $R_{fbt,f}$, $R_{fb,f}$, $R_{fb,f}$ (для полки), $R_{fbt,w}$, $R_{fb,w}$ (для ребра или стенки) и $R_{fbt,r}$, $R_{fb,r}$, (для кольцевого сечения) и определяются по пп. 6.2.7-6.2.11 настоящих РТМ с использованием в формулах (6.5)-(6.8) коэффициентов ориентации для соответствующих частей сечения: $\kappa_{n,f}$ – для сжатой полки; $\kappa_{or,f}$ - для растянутой полки; $\kappa_{or,w}$ – для растянутой зоны сечения ребра или стенки; $\kappa_{n,w}$ – для сжатой зоны сечения ребра или стенки; $\kappa_{or,r}$ и $\kappa_{n,r}$ - для соответственно растянутой и сжатой зон кольцевого сечения.

6.2.14 Расчет по прочности нормальных сечений следует производить в зависимости от соотношения между значением относительной высоты сжатой зоны сталефибробетона $\xi = \frac{x}{h}$, определяемым из соответствующих условий равновесия, и значением граничной относительной высоты сжатой зоны ξ_R, при котором предельное

состояние элемента наступает одновременно с достижением в растянутой арматуре напряжения, равного расчетному сопротивлению R_s.

6.2.15 Значение ξ_R определяют по формуле:

$$\xi_R = \frac{\omega}{1+\frac{\sigma_{sR}}{\sigma_{sc,u}}\left(1-\frac{\omega}{1{,}1}\right)}, \qquad (6.13)$$

где ω - характеристика сжатой зоны сталефибробетона, определяемая по формуле:

$$\omega = \alpha - 0{,}008R_b, \qquad (6.14)$$

где α - коэффициент, принимаемый равным для бетона-матрицы:

тяжелого..... 0,85

тяжелого, подвергнутого автоклавной обработке и мелкозернистого группы А 0,80

R_b - в МПа;

σ_{sR} - напряжение в арматуре, МПа, принимаемое для арматуры классов:

А240, А300, А400, В500 ..... $\sigma_{sR} = R_s - \sigma_{sp}$;

А600, А800, А1000 ..... $\sigma_{sR} = R_s + 500 - \sigma_{sp} - \Delta\sigma_{sp}$;

от Вр1200 до Вр1500, К1400 и К1500 ..... $\sigma_{sR} = R_s + 500 - \sigma_{sp}$,

где R_s - расчетное сопротивление арматуры растяжению, принимаемое с учетом соответствующего коэффициента надежности по арматуре γ_s, принимаемых по п. 2.2.2.2 СП 52-102;

σ_{sp} - предварительное напряжение в арматуре с учетом всех потерь и $\gamma_{sp} = 0{,}9$;

$\Delta\sigma_{sp}$ - см.п. 5.1.15 настоящих РТМ;

$\sigma_{sc,u}$ - предельное напряжение в арматуре сжатой зоны, принимаемое для конструкций из тяжелого и мелкозернистого сталефибробетона равным 500 МПа. При расчете элементов в стадии обжатия значение $\sigma_{sc,u}$ = 350 МПа.

6.2.16 Для напрягаемой арматуры, расположенной в сжатой зоне, расчетное сопротивление сжатию R_{sc} (пп. 6.2.18 и 6.2.19) должно быть заменено напряжением σ_{sc}, равным:

$500 - \sigma'_{sp}$ - при учете коэффициента условий работы бетона $\gamma_{b1} = 0{,}9$ (п. 5.1.10);

$400 - \sigma'_{sp}$ - при $\gamma_{b1} = 1{,}0$.

Здесь 500 и 400 – в МПа.

Значения σ'_{sp} определяют с коэффициентом $\gamma_{sp} = 1{,}1$.

Во всех случаях напряжение σ_{sc} принимают не более R_{sc}.

6.2.17 При расчете внецентренно сжатых железобетонных элементов в начальном эксцентриситете приложения продольной силы e_0 следует учитывать случайный эксцентриситет e_0, принимаемый по п. 4.2.6, настоящих РТМ.

Расчет изгибаемых элементов

6.2.18 Расчет по прочности сечений изгибаемых элементов производят из условия

$$M \le M_{ult}, \qquad (6.15)$$

где M_{ult} – предельный изгибающий момент, который может быть воспринят сечением элемента.

6.2.19 Значение M_{ult} для изгибаемых сталефибробетонных элементов прямоугольного сечения при $\xi = \frac{x}{h} \le \xi_R$ определяют по формуле:

при фибровом армировании (см. п. 4.1.2), рис. 6.1

$$M_{ult} = R_{fb} b x 0{,}5h \qquad (6.16)$$

при этом высоту сжатой зоны x определяют по формуле:

$$x = \frac{R_{fbt} h}{R_{fb} + R_{fbt}}; \qquad (6.17)$$

при комбинированном армировании (см. п. 4.1.2), рис. 6.2

$$M_{ult} = R_{fb} b x (h - \frac{x}{2} - a) + R_{sc} A_s^{'} (h - a^{'} - a) - R_{fbt} b (h - x)\left(\frac{h - x}{2} - a\right); \qquad (6.18)$$

при этом высоту сжатой зоны x определяют из условия:

$$R_{sc} A_s^{'} + R_{fb} b x = R_{fbt} b (h - x) + R_s A_s. \qquad (6.19)$$

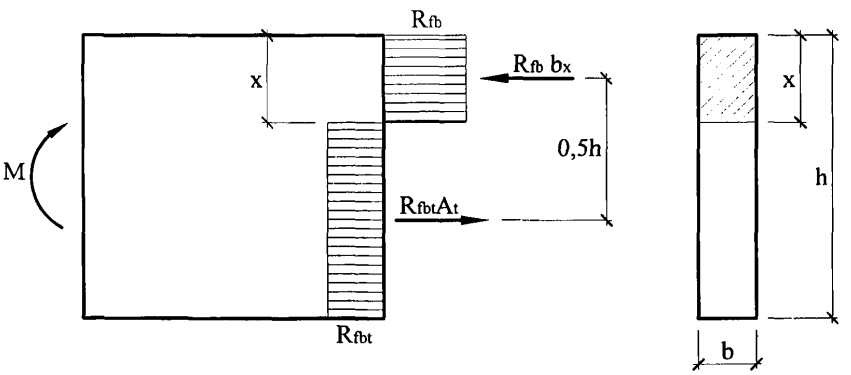


Рисунок 6.1 - Схема усилий и эпюра напряжений в сечении, нормальном к продольной оси изгибаемого сталефибробетонного элемента прямоугольного сечения, при его расчете по прочности (при фибровом

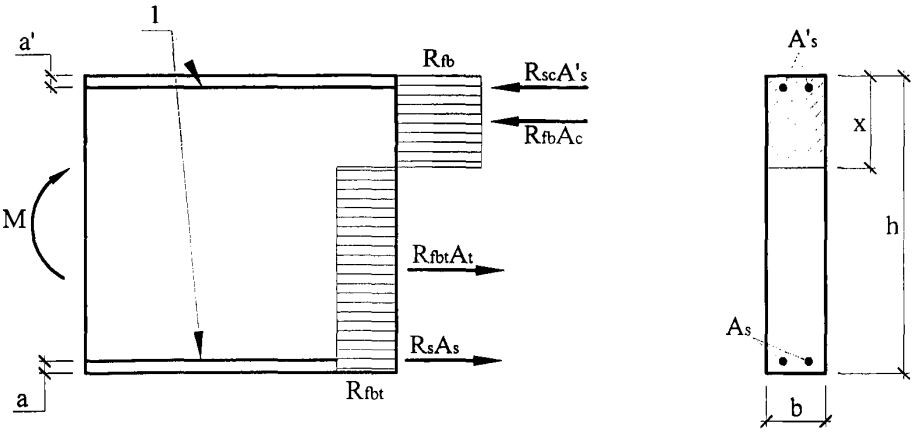


Рисунок 6.2 - Схема усилий и эпюра напряжений в сечении, нормальном к продольной оси изгибаемого сталефибробетонного элемента прямоугольного сечения, при его расчете по прочности (при комбинированном армировании)
1 – стержневая арматура

В формулах этого пункта и п. 6.2.20 обозначения площадей сечения A_s и A_s' относятся как к напрягаемой, так и к ненапрягаемой арматуре.

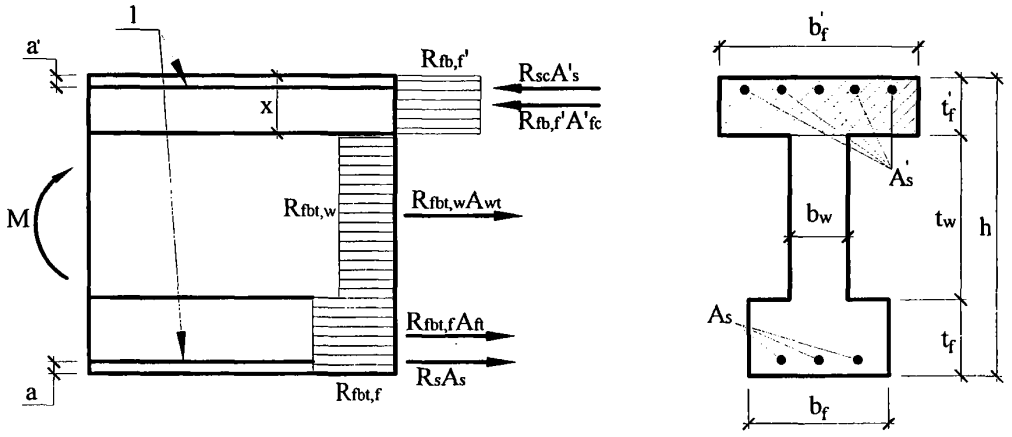
6.2.20 Значение M_{ult} для изгибаемых элементов, имеющих полку в сжатой зоне (тавровые и двутавровые сечения) при $\xi = \frac{x}{h} \le \xi_R$ определяют в зависимости от положения границы сжатой зоны:

если граница проходит в полке (рис. 6.3а), т.е. соблюдается условие:

$$R_s A_s + R_{fbt,f} b_f t_f + R_{fbt,w} b_w t_w \le R_{fb} b_f' t_f' + R_{sc} A_s', \qquad (6.20)$$

значение M_{ult} определяют по п.6.2.18 как для прямоугольного сечения шириной b_f';

а)



б)

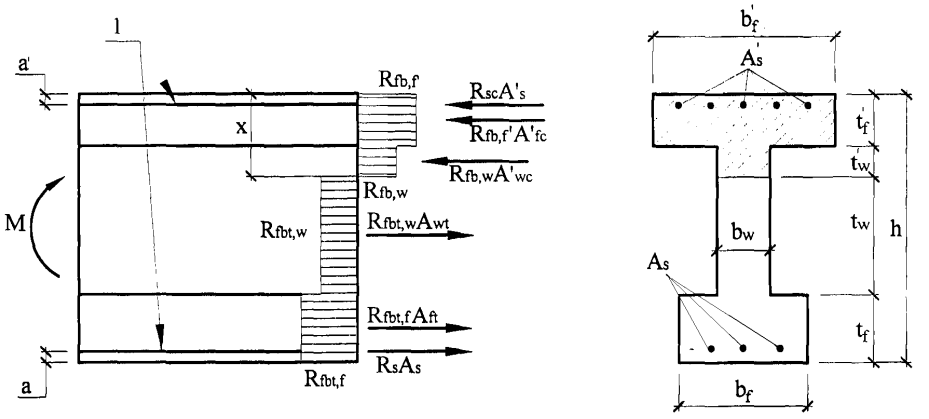


Рисунок 6.3 - Схема распределения усилий и эпюра напряжений в сечениях, нормальных к продольной оси изгибаемого элемента двутаврового сечения при комбинированном армировании

а) – при $x \le t_f'$; б) – при $x > t_f'$;

1 – стержневая арматура

если граница проходит в ребре (рис. 6.3б), т.е. условие (6.20) не соблюдается, значение M_{ult} определяют по формуле:

$$M_{ult} = R_{fb,f} t_f' b_f' \left(h - a - 0{,}5 t_f'\right) + R_{fb,w} b_w t_w' \left(h - a - t_f' - \frac{t_w'}{2}\right) + R_{sc} A_s' \left(h - a' - a\right) -$$
$$- R_{fbt,w} b_w t_w \left(h - a - x - \frac{t_w}{2}\right) - R_{fbt,f} b_f t_f \left(\frac{t_f - a}{2}\right), \qquad (6.21)$$

при этом высоту сжатой зоны сталефибробетона x определяют из условия:

$$R_s A_s + R_{fbt,f} b_f t_f + R_{fbt,w} b_w t_w = R_{fb,w} b_w t_w' + R_{fb,f} b_f' t_f' + R_{sc} A_s'. \qquad (6.22)$$

6.2.21 Значение b_f', вводимое в расчет, принимают из условия, что ширина свеса полки в каждую сторону от ребра должна быть не более 1/6 пролета элемента и не более:

1/2 расстояния в свету между продольными ребрами - при наличии поперечных ребер или при $h_f' \ge 0{,}1h$;

$6h_f'$ - при отсутствии поперечных ребер (или при расстояниях между ними больших, чем расстояния между продольными ребрами) и $h_f' < 0{,}1h$;

при консольных свесах полки:

$6h_f'$ - при $h_f' \ge 0{,}1h$;

$3h_f'$ - при $0{,}05h \le h_f' < 0{,}1h$;

при $h_f' < 0{,}05h$ - свесы не учитывают.

6.2.22 Расчет по прочности изгибаемых элементов кольцевых сечений (рис. 6.4) производится:

при $R_{fbtr} \ge 0{,}38 R_{fbr}$ из условия:

$$M \le A_r \left[R_{fbr} \frac{\sin \pi\alpha_r}{\pi} + R_{fbr}\left(1 - 1{,}35\alpha_r\right) 1{,}6\alpha_r \right] r_m; \qquad (6.23)$$

где $R_{fbr} = R_{fb}$,

$$\alpha_r = \frac{R_{fbtr}}{R_{fb} + 3{,}35R_{fbtr}}; \qquad (6.24)$$

r_m - радиус срединной поверхности стенки кольцевого элемента, равный:

$$r_m = \frac{r_i + r_e}{2},$$

r_e и r_i - радиусы соответственно наружной и внутренней граней кольцевого сечения.

при $R_{fbtr} < 0{,}38R_{fbr}$ из условия:

$$M \le A_r\left[R_{fbr}\frac{\sin\pi\alpha_r}{\pi} + 0{,}234R_{fbtr}\right]r_m; \qquad (6.25)$$

где A_r - общая площадь кольцевого сечения, определяемая по формуле:

$A_r = 2\pi r_m t_r$;

$R_{fbr} = R_{fb}$;

$$\alpha_r = \frac{0{,}73R_{fbtr}}{R_{fb} + 2R_{fbtr}}. \qquad (6.26)$$

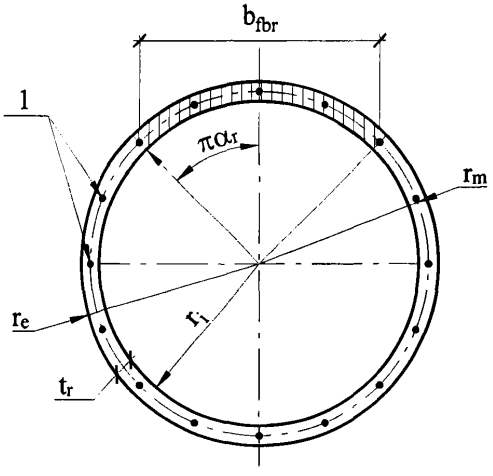


Рисунок 6.4 - Схема кольцевого сечения сталефибробетонного элемента, принимаемая при его расчете по прочности на изгиб (при комбинированном армировании)
1 – стержневая арматура

6.2.23 При расчете по прочности изгибаемых сталефибробетонных элементов складчатого сечения с комбинированным армированием стержневой арматурой класса от Вр1200 до Вр1500 значение величины R_{fbt} в расчетных формулах (6.17)-(6.22) пп.6.2.18 - 6.2.19 настоящих РТМ (рис.6.2 и 6.3) принимается умноженным на коэффициент условий работы m_3, равный:

0,85 при $R_{fbt}A_{bt} \ge 0{,}5N_s$;

0,90 при $0{,}2N_s < R_{fbt}A_{bt} < 0{,}5N_s$;

0,95 при $R_{fbt}A_{bt} < 0{,}2N_s$,

где N_s – суммарное предельное усилие в растянутой стержневой арматуре

$N_s = A_s R_s$.

6.2.24 При расчете по прочности изгибаемых элементов рекомендуется соблюдать условие $x \le \xi_R h$.

В случае, когда по конструктивным соображениям или из расчета по предельным состояниям второй группы площадь растянутой арматуры принята большей, чем это требуется для соблюдения условия $x \le \xi_R h$, то для элементов из бетона класса В30 и ниже при комбинированном армировании с ненапрягаемой арматурой классов А240, А300, А400 и В500 допускается предельный изгибающий момент M_{ult} определять по формулам (6.18) или (6.21), подставляя в них значения высоты сжатой зоны $x = \xi_R h$.

Расчет внецентренно сжатых элементов

6.2.25 Расчет по прочности прямоугольных сечений внецентренно сжатых элементов производят из условия:

$$Ne \le R_{fb} bx\left(h - \frac{x}{2} - a\right) + R_{sc}A_s^{'}(h - a^{'} - a) - R_{fbt}b(h-x)\left(\frac{h-x}{2} - a\right), \qquad (6.27)$$

где e – расстояние от точки приложения силы N до центра тяжести сечения растянутой или наименее сжатой (при полностью сжатом сечении элемента) арматуры, равное:

$$e = e_o\eta + \frac{h - a^{'} - a}{2}.$$

Здесь η – коэффициент, учитывающий влияние продольного изгиба (прогиба) элемента на его несущую способность и определяемый согласно п. 6.2.27 настоящих РТМ.

Высоту сжатой зоны x определяют:

при $\xi = \frac{x}{h} \le \xi_R$ (рис. 6.5) из условия:

$$R_{sc}A_s^{'} + R_{fb}bx = R_{fbt}b(h-x) + R_s A_s. \qquad (6.28)$$

при $\xi = \frac{x}{h} > \xi_R$ по формуле:

$$x = \frac{N + R_s A_s \frac{1+\xi_R}{1-\xi_R} - R_{sc}A_s^{'} + R_{fbt}bh\frac{1+\xi_R}{1-\xi_R}}{R_{fb}b + \frac{2R_s A_s}{h_o(1-\xi_R)} + \frac{R_{fbt}bh\xi_R}{h(1-\xi_R)}}. \qquad (6.29)$$

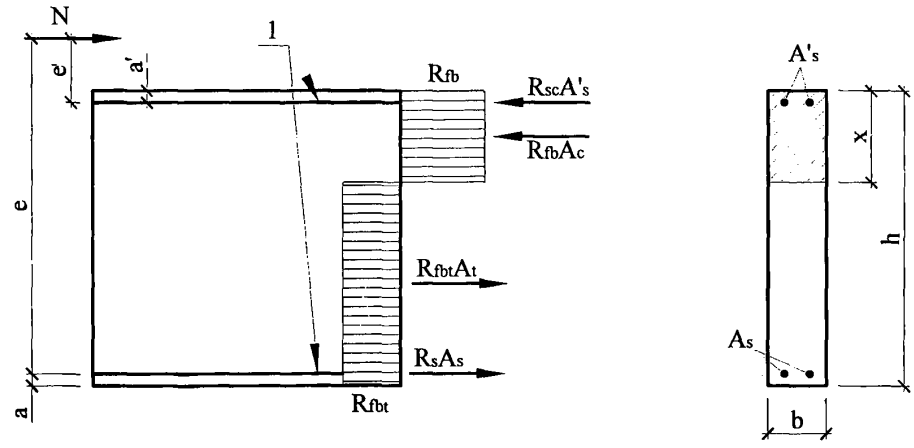


Рисунок 6.5 - Схема усилий и эпюра напряжений в сечении, нормальном к продольной оси сжатого сталефибробетонного элемента, при его расчете по прочности (при комбинированном армировании)
1 – стержневая арматура

6.2.26 Значение коэффициента η при расчете конструкций по недеформированной схеме определяют по формуле:

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}}, \qquad (6.30)$$

где N_{cr} – условная критическая сила, определяемая по формуле:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 D}{l_o^2}. \qquad (6.31)$$

где D – жесткость сталефибробетонного элемента;

l_o – расчетная длина элемента, определяемая согласно п. 6.2.28.

Допускается значение D определять по формуле:

$$D = k_b E_{fb} I_f + k_s E_s I_s, \qquad (6.32)$$

где E_{fb}, E_s – модули упругости, соответственно, сталефибробетона и арматуры;

I_f, I_s – моменты инерции площадей сечения, соответственно, сталефибробетона и всей продольной арматуры относительно центра тяжести поперечного сечения элемента;

$$k_b = \frac{0{,}15}{\varphi_l (0{,}3 + \delta_e)};$$

$k_s = 0{,}7$;

φ_l - коэффициент, учитывающий влияние длительности действия нагрузки

$$\varphi_l = 1 + \frac{M_{l1}}{M_1};$$

где M_1, M_{l1} - моменты относительно центра наиболее растянутого или наименее сжатого (при целиком сжатом сечении) стержня арматуры соответственно от действия полной нагрузки и от действия постоянных и длительных нагрузок;

δ_e - относительное значение эксцентриситета продольной силы $\frac{e_0}{h}$, где $e_0 = \frac{M}{N}$

принимаемое не менее 0,15.

Допускается уменьшать значение коэффициента η с учетом распределения изгибающих моментов по длине элемента, характера его деформирования и влияния прогибов на значение изгибающего момента в расчетном сечении путем расчета конструкции как упругой системы.

6.2.27 Расчет по прочности прямоугольных сечений внецентренно сжатых элементов с арматурой, расположенной у противоположных в плоскости изгиба сторон сечения, при эксцентриситете продольной силы $e_0 \le \frac{h}{30}$ и гибкости $\frac{l_o}{h} \le 20$ допускается производить из условия:

$$N \le N_{ult}, \qquad (6.33)$$

где N_{ult} – предельное значение продольной силы, которую может воспринять элемент, определяемое по формуле:

$$N_{ult} = \varphi\left(R_{fb} A + R_{sc} A_{s,tot}\right), \qquad (6.34)$$

где $A_{s,tot}$ – площадь всей продольной арматуры в сечении элемента;

φ – коэффициент, принимаемый при длительном действии нагрузки по табл. 6.3 в зависимости от гибкости элемента;

При кратковременном действии нагрузки значения φ определяют по линейному закону, принимая $\varphi = 0{,}9$ при $\frac{l_o}{h} = 10$ и $\varphi = 0{,}85$ при $\frac{l_o}{h} = 20$.

Таблица 6.3

l_o/h	6	10	15	20
φ	0,92	0,9	0,83	0,7

6.2.28 Расчетную длину l_o внецентренно сжатого элемента определяют как для элементов рамной конструкции с учетом ее деформированного состояния при наиболее невыгодном для данного элемента расположении нагрузки, принимая во внимание неупругие деформации материалов и наличие трещин.

Допускается расчетную длину l_o элементов постоянного поперечного сечения по длине l при действии продольной силы принимать равной:

для элементов с шарнирным опиранием на двух концах - 1,0l;

для элементов с жесткой заделкой (исключающей поворот опорного сечения) на одном конце и незакрепленным другим концом (консоль) - 2,0l;

для элементов с шарнирным несмещаемым опиранием на одном конце, а на другом конце:

с жесткой (без поворота) заделкой - 0,7l;

с податливой (допускающей ограниченный поворот) заделкой - 0,9l;

для элементов с податливым шарнирным опиранием (допускающем ограниченное смещение опоры) на одном конце, а на другом конце:

с жесткой (без поворота) заделкой - 1,5l;

с податливой (с ограниченным поворотом) заделкой - 2,0l;

для элементов с несмещаемыми заделками на двух концах:

жесткими (без поворота) - 0,5l;

податливыми (с ограниченным поворотом) - 0,8l;

для элементов с ограниченно смещаемыми заделками на двух концах:

жесткими (без поворота) - 0,8l;

податливыми (с ограниченным поворотом) - 1,2*l*.

6.2.29 Расчет по прочности внецентренно сжатых сталефибробетонных элементов таврового и двутаврового сечений следует производить:

при $\xi = \frac{x}{h} \le \xi_R$,

если $x \le t_f'$ (рис.6.6а) – из условия:

$$Ne' \le R_{fbt,w} A_{wt} \left(0{,}5t_w + t_f' - a'\right) + R_{fbt,f} A_{fi} \left(h - a' - 0{,}5t_f\right) + R_s A_s \left(h - a'\right) - R_{fb,f'} A_{f'c} \left(0{,}5t_f' - a'\right) \quad ;(6.35)$$

высота сжатой зоны x сталефибробетона определяется из условия:

$$N + R_{fbt,w} A_{wt} + R_{fbt,f} A_{fi} + R_s A_s - R_{sc} A_s' - R_{fb,f'} b_f' x = 0\,; \quad (6.36)$$

если $x > t_f'$ (рис. 6.6б) – из условия:

$$Ne' \le R_{fbt,w} A_{wt} \left(\frac{h - x - t_f}{2} + x - a'\right) + R_{fbt,f} A_{fi} \left(h - a' - 0{,}5t_f\right) + R_s A_s \left(h - a'\right) - R_{fb,f'} A_{f'c} \left(0{,}5t_f' - a'\right) - R_{fb,w} A_{wc} \left(\frac{x - t_f'}{2} + x - a'\right) \quad ; \quad (6.37)$$

где высота сжатой зоны x сталефибробетона определяется из условия:

$$N + R_{fbt,w} A_{wt} + R_{fbt,f} A_{fi} + R_s A_s - R_{sc} A_s' - R_{fb,f'} A_{f'c} - R_{fb,w} b_w \left(x - t_f'\right) = 0\,; \quad (6.38)$$

$\xi = \frac{x}{h} > \xi_R$ по формуле:

$$N \le N_c - \left(N_c - N_{in}\right) \left[2\frac{e_c}{e_{in}} - \left(\frac{e_c}{e_{in}}\right)^2\right]; \quad (6.39)$$

где e_c - эксцентриситет продольной силы относительно центра тяжести приведенного сечения, равный $e_c = M / N$;

N_c - несущая способность центрально сжатого элемента, определяемая по формуле:

$$N_c = R_{fbt,w} A_{wt} + R_{fbt,f} A_{fi} + R_s A_s + R_{sc} A_s' + R_{fb,f'} A_{f'c} = 0\,, \quad (6.40)$$

N_{in} - несущая способность сечения, в котором высота сжатой зоны сталефибробетона принимается равной $x = \xi_R h$ и определяется по формуле:

при $x \le t_f'$

$$N_{in} = R_{sc} A_s' + R_{fb,f'} A_{f'c} - R_{fbt,w} A_{wt} - R_{fbt,f} A_{fi} - R_s A_s\,; \quad (6.41)$$

при $x > t_f'$

$$N_{in} = R_{sc} A_s' + R_{fb,f'} A_{f'c} + R_{fb,w} A_{wc} - R_{fbt,w} A_{wt} - R_{fbt,f} A_{fi} - R_s A_s\,; \quad (6.42)$$

e_{in} - эксцентриситет продольной расчетной силы N_{in}, определяемый по формуле:

при $x \le t_f'$

$$e_{in} = \frac{S_c^* + S_w^* + S_i^* + S_{sc}^* + S_s^*}{N_{in}}\,; \quad (6.43)$$

где $S_c^* = R_{fb,f} b_f' t_f' \left(h - y_c - \frac{t_f'}{2} \right)$;

$S_w^* = R_{fbt,w} b_w t_w \left(y_c - t_f - \frac{t_w}{2} \right)$;

$S_t^* = R_{fbt,f} b_f t_f \left(y_c - \frac{t_f}{2} \right)$;

$S_{sc}^* = R_{sc} A_s' \left(h - y_c - a' \right)$;

$S_s^* = R_s A_s \left(y_c - a \right)$;

y_c - расстояние от центра тяжести приведенного сечения до растянутой или менее сжатой грани;

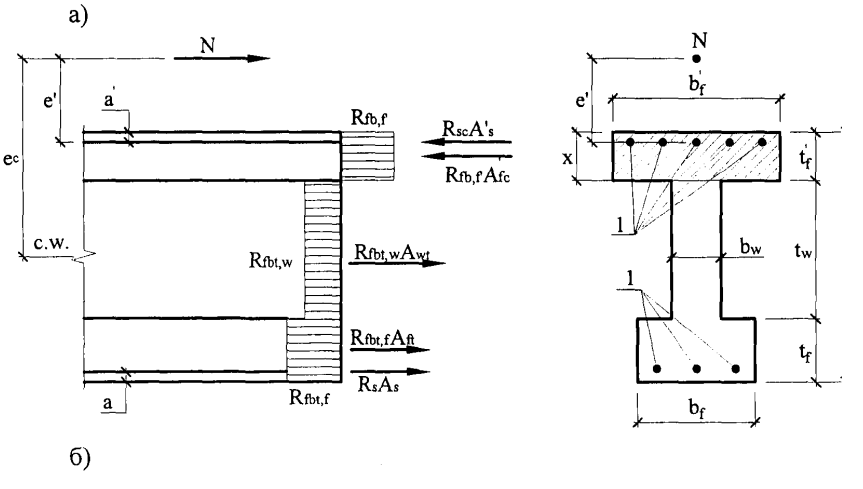
при $x > t_f'$

$$e_{in} = \frac{S_c^* + S_{wc}^* + S_{wt}^* + S_t^* + S_{sc}^* + S_s^*}{N_{in}};$$

где: $S_{wc}^* = R_{fb,w} b_w \left(x - t_f' \right) \left(h - y_c - t_f' - \frac{x - t_f'}{2} \right)$;

$S_{wt}^* = R_{fbt,w} b_w \left(h - x - t_f \right) \left(y_c - \frac{h - x - t_f}{2} - t_f \right)$.

Влияние прогиба сталефибробетонного элемента учитывается путем умножения значения e_c на коэффициент η, вычисляемый согласно п. 6.2.26.



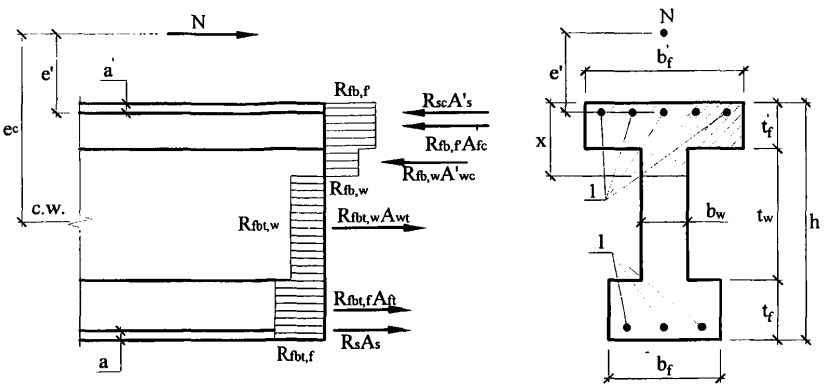


Рисунок 6.6 - Схема усилий и эпюра напряжений во внецентренно сжатых элементах двутаврового сечения при комбинированном армировании:

а) при $x \le t'_f$; б) при $x > t'_f$

1 – стержневая арматура

6.2.30 Расчет внецентренно сжатых сталефибробетонных элементов кольцевого сечения (рис.6.4) должен производиться из условия:

$$Ne_c \le A_r\left[R_{fbr}\frac{\sin\pi\alpha_r}{\pi} + R_{fbtr}(1-1{,}35\alpha_r)1{,}6\alpha_r\right]r_m, \qquad (6.44)$$

где $R_{fbr} = R_{fb}$;

A_r, r_m - см. п. 6.2.22 настоящих РТМ.

при этом величина относительной площади сжатой зоны сталефибробетона определяется по формуле

$$\alpha_r = \frac{N + R_{fbtr}A_{fbr}}{(R_{fb} + 3{,}35R_{fbtr})A_r}. \qquad (6.45)$$

Если полученное из расчета по формуле (6.45) значение $\alpha_r < 0{,}15$, в условие (6.44) подставляется значение α_r, определяемое по формуле

$$\alpha_r = \frac{N + 0{,}73R_{fbtr}A_r}{(R_{fb} + 2R_{fbtr})A_r}. \qquad (6.46)$$

6.3 РАСЧЕТ ПО ПРОЧНОСТИ НОРМАЛЬНЫХ СЕЧЕНИЙ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫХ СТАЛЕФИБРОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В СТАДИИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОБЖАТИЯ

6.3.1 При расчете элемента в стадии предварительного обжатия усилие в напрягаемой арматуре вводится в расчет как внешняя продольная сила, равная

$$N_p = (\sigma'_{sp} - 330)A_{sp} + \sigma_{sp}A_{sp}, \qquad (6.47)$$

где A'_{sp} и A_{sp} - площади сечения напрягаемой арматуры, расположенной, соответственно, в наиболее обжатой и растянутой (менее обжатой) зонах сечения;

$\sigma_{sp}^{'}$ и σ_{sp} - предварительные напряжения с учетом первых потерь и коэффициента $\gamma_{sp} = 1{,}1$ в арматуре с площадью сечения $A_{sp}^{'}$ и A_{sp}.

6.3.2 Расчет по прочности элементов прямоугольного сечения в стадии предварительного обжатия производят из условия:

$$N_p e_p < R_{fb} bx(h - 0{,}5x - a) + R_{sc} A_s^{'}(h - a^{'} - a) - R_{fbt} b(h - x)\left(\frac{h-x}{2} - a\right), \quad (6.48)$$

где e_p - расстояние от точки приложения продольной силы N_p с учетом влияния изгибающего момента M от внешней нагрузки, действующей в стадии изготовления (собственный вес элемента), до центра тяжести сечения ненапрягаемой арматуры растянутой или наименее сжатой (при полностью сжатом сечении элемента) от этих усилий (рис. 6.7), определяемое по формуле:

$$e_p = e_{op} + 0{,}5h - a \pm \frac{M}{N_p}, \quad (6.49)$$

где e_{op} - расстояние от точки приложения силы N_p до центра тяжести сечения элемента;

R_{fb} - расчетное сопротивление сталефибробетона сжатию, численно равного передаточной прочности сталефибробетона R_{fbp}, по линейной интерполяции (см. табл. 5.2);

R_{sc} - расчетное сопротивление ненапрягаемой арматуры сжатию, принимаемое в стадии предварительного обжатия не более 330 МПа;

$A_s^{'}$ - площадь сечения ненапрягаемой арматуры, расположенной в наиболее сжатой зоне сечения элемента.

Высоту сжатой зоны сталефибробетона x определяют в зависимости от величины ξ_R, определяемой по формуле (6.13):

при $\xi = \frac{x}{h} \le \xi_R$ (рис.6-7) из условия:

$$R_{sc} A_s^{'} + R_{fb} bx = R_{fbt} b(h - x) + R_s A_s + N_p. \quad (6.50)$$

при $\xi = \frac{x}{h} > \xi_R$ (где x - см. поз. а) по формуле:

$$x = \frac{N + R_s A_s \frac{1+\xi_R}{1-\xi_R} - R_{sc} A_s^{'} + R_{fbt} bh \frac{1+\xi_R}{1-\xi_R}}{R_{fb} b + \frac{2R_s A_s}{h_o(1-\xi_R)} + \frac{R_{fbt} bh\xi_R}{h(1-\xi_R)}}. \quad (6.51)$$

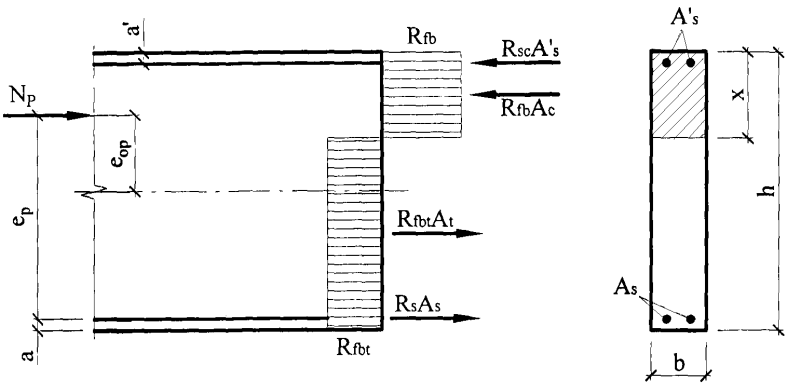


Рисунок 6.7 - Схема усилий и эпюра напряжений в сечении, нормальном к продольной оси изгибаемого предварительно напряженного сталефибробетонного элемента, при его расчете по прочности в стадии обжатия

6.3.3 Расчет по прочности элементов таврового и двутаврового сечений в стадии предварительного обжатия производят в зависимости от положения границы сжатой зоны:

а) если граница сжатой зоны проходит в полке (рис. 6.6а), т.е. соблюдается условие:

$$N_p \le R_b b_f' h_f' + R_{sc} A_s' - R_s A_s - R_{fbt} b_w (h - x), \qquad (6.52)$$

расчет производят как для прямоугольного сечения шириной b_f' согласно п. 6.3.2;

б) если граница сжатой зоны проходит в ребре (рис. 6.6б), т.е. условие (6.40) не соблюдается, расчет производят из условия:

$$N_p e_p \le R_{fb,f} b_f t_f' \left(h - a - 0{,}5 t_f'\right) + R_{fb,w} b_w \left(x - t_f'\right)\left(h - a - \frac{x - t_f'}{2}\right) + \\ + R_{fbt,w} b_w \left(h - x - t_f\right)\left(h - a - \frac{h - x - t_f}{2}\right); \qquad (6.53)$$

где $e_p = e_{op} + z_s \pm \frac{M}{N_p}$; e_{op} - см. п. 6.3.2;

z_s - расстояние от центра тяжести сечения элемента до растянутой (наименее сжатой) ненапрягаемой арматуры.

Высоту сжатой зоны x определяют по формулам:

при $\xi = \frac{x}{h} \le \xi_R$ (ξ_R - см. п. 6.2.14)

$$x = \frac{N_p + R_s A_s - R_{sc} A_s' - R_{fb}\left(b_f' - b\right) h_f'}{R_{fb} b}, \qquad (6.54)$$

при $\xi = \frac{x}{h} > \xi_R$

$$x = \frac{N_p + R_s A_s \frac{1 + \xi_R}{1 - \xi_R} - R_{sc} A_s' - R_{fb}\left(b_f' - b\right) h_f'}{R_{fb} b + \frac{2 R_s A_s}{(h - a)(1 - \xi_R)} + \frac{R_{fbt} b \xi_R}{1 - \xi_R}}. \qquad (6.55)$$

Расчет центрально растянутых элементов

6.3.4 Расчет по прочности сечений центрально растянутых элементов следует производить только для случаев комбинированного армирования (см. п. 4.1.2), из условия:

$$N \le N_{ult}, \tag{6.56}$$

где N_{ult} – предельное значение продольной растягивающей силы, которое может быть воспринято элементом.

Значение силы N_{ult} определяют по формуле:

$$N_{ult} = R_s A_{s,tot}, \tag{6.57}$$

где $A_{s,tot}$ - площадь сечения всей продольной стержневой арматуры.

Расчет внецентренно растянутых элементов

6.3.5 Расчет по прочности прямоугольных нормальных сечений внецентренно растянутых сталефибробетонных элементов, только с комбинированным армированием, следует производить в зависимости от положения продольной силы N:

а) если продольная сила N приложена между равнодействующими усилий в стержневой арматуре S и S' (рис. 6.8) - из условий:

$$Ne \le M_{ult}; \tag{6.58}$$

$$Ne' \le M'_{ult}, \tag{6.59}$$

где Ne и Ne' - усилия от внешних нагрузок;

M_{ult} и M'_{ult} - предельные усилия, которые может воспринять сечение.

Усилия M_{ult} и M'_{ult} определяют по формулам:

$$M_{ult} = R_s A'_s \left(h - a - a'\right) + m_3 R_{fbt} bh\left(0{,}5h - a\right); \tag{6.60}$$

$$M'_{ult} = R_s A_s \left(h - a - a'\right) + m_3 R_{fbt} bh\left(0{,}5h - a'\right). \tag{6.61}$$

Значение коэффициента условия работы m_3 в формулах (6.60) и (6.61) принимается равным:

0,9 при $\mu_{fv} > 1\%$;

0,8 при $0{,}8 \le \mu_{fv} < 1\%$;

0,6 при $0{,}6 \le \mu_{fv} < 0{,}8\%$;

0,3 при $0{,}3 \le \mu_{fv} < 0{,}6\%$.

б) если продольная сила N приложена за пределами расстояния между равнодействующими усилий в арматуре S и S' (рис. 6.8) - из условия (6.58), определяя предельный момент M_{ult} по формуле:

$$M_{ult} = R_{fb} bx\left(h - a - 0{,}5x\right) + R_{sc} A'_s \left(h - a - a'\right) - m_3 R_{fbt} b\left(h - x\right)\left(\frac{h - x}{2} - a\right), \tag{6.62}$$

при этом высоту сжатой зоны x определяют из условия

$$N + R_{sc} A'_s + R_{fb} bx - R_s A_s - m_3 R_{fbt} b\left(h - x\right) = 0. \tag{6.63}$$

а)

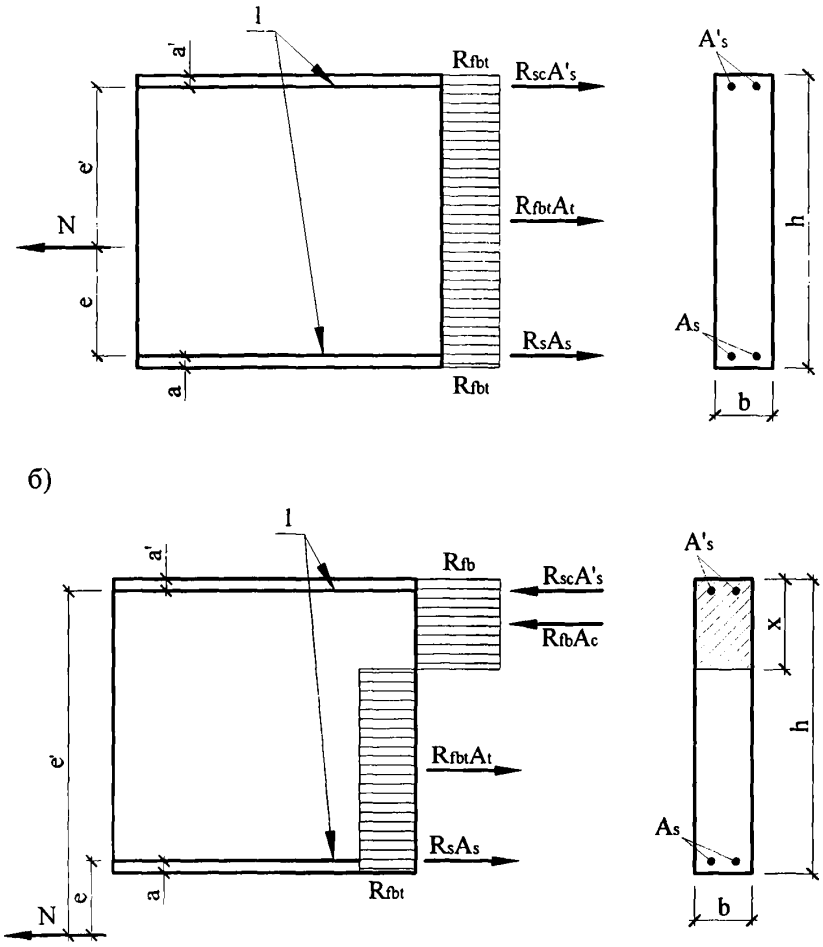


Рисунок 6.8 - Схема усилий и эпюра напряжений в сечении, нормальном к продольной оси внецентренно растянутого сталефибробетонного элемента, при его расчете по прочности, при приложении продольной силы N:
а) между равнодействующими усилий в арматуре S и S';
б) за пределами расстояния между равнодействующими усилий в арматуре S и S'
1 – стержневая арматура

Если полученное из расчета (6.63) значение $x > \xi_R h$, то в формулу (6.62) подставляют $x = \xi_R h$, где ξ_R определяют согласно п. 6.2.15.

6.4 РАСЧЕТ ПО ПРОЧНОСТИ СТАЛЕФИБРОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ДЕЙСТВИИ ПОПЕРЕЧНЫХ СИЛ

Общие положения

6.4.1 Расчет по прочности сталефибробетонных элементов при действии поперечных сил производят на основе модели наклонных сечений, принятой в СП 52-101 и СП 52-102.

При расчете по модели наклонных сечений должны быть обеспечены прочность элемента по полосе между наклонными сечениями и наклонному сечению на действие поперечных сил, а также прочность по наклонному сечению на действие момента.
Прочность по наклонной полосе характеризуется максимальным значением поперечной силы, которое может быть воспринято наклонной полосой, находящейся под воздействием сжимающих усилий вдоль полосы и растягивающих усилий от поперечной арматуры, пересекающей наклонную полосу. При этом прочность сталефибробетона определяют по сопротивлению сталефибробетона осевому сжатию с учетом влияния сложного напряженного состояния в наклонной полосе.

Расчет по наклонному сечению на действие поперечных сил производят на основе уравнения равновесия внешних и внутренних поперечных сил, действующих в наклонном сечении с длиной проекции a_q на продольную ось элемента. Внутренние поперечные силы включают поперечную силу, воспринимаемую сталефибробетоном в наклонном сечении, и поперечную силу, воспринимаемую пересекающей наклонное сечение поперечной арматурой. При этом поперечные силы, воспринимаемые сталефибробетоном и поперечной арматурой, определяют по сопротивлениям сталефибробетона и поперечной арматуры растяжению с учетом длины проекции a_q наклонного сечения.

Расчет по наклонному сечению на действие момента производят на основе уравнения равновесия моментов от внешних и внутренних сил, действующих в наклонном сечении с длиной проекции a_q на продольную ось элемента. Моменты от внутренних сил включают момент, воспринимаемый сталефибробетоном, момент, воспринимаемый пересекающей наклонное сечение продольной растянутой арматурой, момент, воспринимаемый пересекающей наклонное сечение поперечной арматурой. При этом моменты, воспринимаемые сталефибробетоном, продольной и поперечной арматурой, определяют по сопротивлениям продольной и поперечной арматуры растяжению с учетом длины проекции a_q наклонного сечения.

Расчет сталефибробетонных элементов по полосе между наклонными сечениями

6.4.2 Расчет изгибаемых элементов по сталефибробетонной полосе между наклонными сечениями производят из условия:

$$Q \le 0{,}3\varphi_{w1}\varphi_{b1}R_{fb}bh_w, \qquad (6.64)$$

где Q – поперечная сила в нормальном сечении элемента.

φ_{b1} – коэффициент, определяемый по формуле:

$$\varphi_{b1} = 1 - 0{,}01R_b, \qquad (6.65)$$

где значения R_b принимаются в МПа,

φ_{w1} - коэффициент, определяемый по формуле:

$$\varphi_{w1} = 1 + 5\frac{E_f}{E_b}\mu_{faw}, \qquad (6.66)$$

где $\mu_{faw} = \mu_{fv}\kappa_{nw}^2$, (6.67)

Значения κ_{nw} принимаются по п. 6.2.13.

Значение правой части в формуле (6.64) принимают не более 1,3.

Расчет сталефибробетонных элементов по наклонным сечениям на действие поперечных сил

6.4.3 Расчет изгибаемых сталефибробетонных элементов по наклонному сечению при только фибровом армировании, (рис. 6.9а) производят из условия:

$$Q \le Q_{fb} + Q_{fbt}, \qquad (6.68)$$

где Q – поперечная сила в наклонном сечении с длиной проекции a_q на продольную ось элемента, определяемая от всех внешних сил, расположенных по одну сторону от рассматриваемого наклонного сечения, при этом учитывают наиболее опасное загружение в пределах наклонного сечения;

Q_{fb} – поперечная сила, воспринимаемая сталефибробетоном сжатой зоны в наклонном сечении;

Q_{fbt} - поперечная сила, воспринимаемая сталефибробетоном растянутой зоны в наклонном сечении.

Значение поперечной силы Q_{fb} для изгибаемых и внецентренно сжатых элементов определяется по формуле:

$$Q_{fb} = \frac{0{,}75 R_{fbt} b h^2}{a_q \sin(90^o - \beta)}, \qquad (6.69)$$

где R_{fbt} - определяется по формулам (6.5) и (6.7) с заменой в них коэффициента κ_{or} на κ_{nw} (см. п.6.2.13), определяемый по табл. 6.2, настоящих РТМ;

b и h - соответственно ширина и высота элемента в рассчитываемом сечении;

a_q - проекция наклонной трещины; угол наклона трещины принимается равным 45^0;

β - угол наклона вертикальной оси элемента к вертикали.

Значение поперечной силы Q_{fbt} определяется по формуле:

$$Q_{fbt} = q_{fb} a_q, \qquad (6.70)$$

где $$q_{fb} = \frac{R_{fb} b}{\sin(90^o - \beta)}. \qquad (6.71)$$

6.1.45 Расчет изгибаемых сталефибробетонных элементов по наклонному сечению при комбинированном армировании, (рис. 6.9б) производят из условия:

$$Q \le Q_{fb} + Q_{fbt} + Q_{sw}, \qquad (6.72)$$

где Q, Q_{fb} и Q_{fbt} – принимаются по п.6.4.3;

Q_{sw} – поперечная сила, воспринимаемая поперечной арматурой в наклонном сечении.

Поперечную силу Q_{sw} определяют по формуле:

$$Q_{sw} = \varphi_{sw} q_{sw} a_q, \qquad (6.73)$$

где φ_{sw} - коэффициент, принимаемый равным 0,75;

q_{sw} - усилие в поперечной арматуре на единицу длины элемента, определяемое по формуле:

$$q_{sw} = \frac{R_{sw} A_{sw}}{s_w}; \qquad (6.74)$$

a_q – принимается по п.6.4.3.

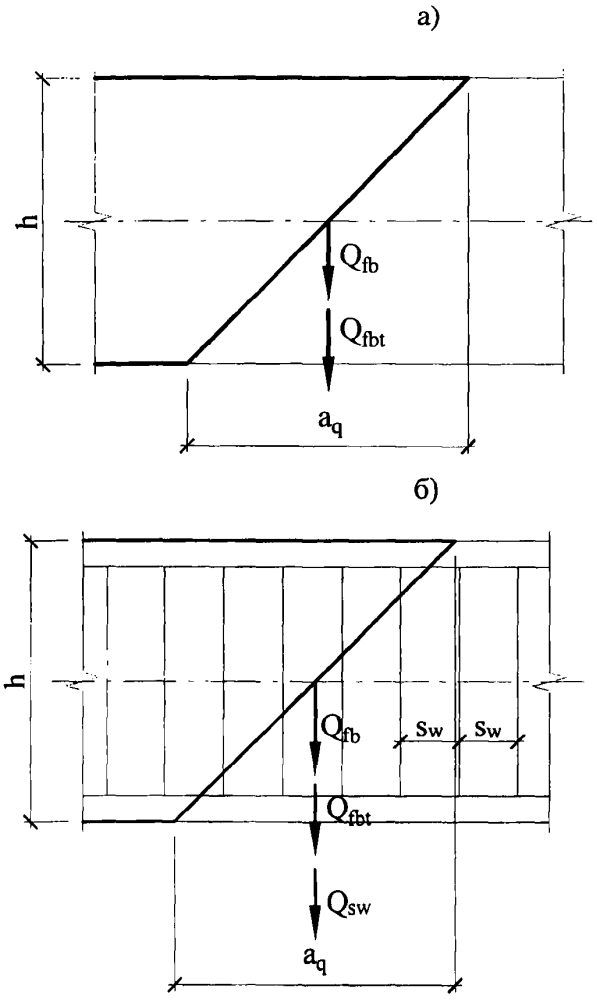


Рисунок 6.9 - Схема усилий при расчете сталефибробетонных элементов по наклонному сечению на действие поперечных сил:
а) при фибровом армировании;
б) при комбинированном армировании.

Расчет сталефибробетонных элементов по наклонным сечениям на действие моментов

6.4.5 Расчет сталефибробетонных элементов по наклонным сечениям на действие моментов (рис. 6.10) производят из условия:

$$M \le M_s + M_{sw} + M_{fbt}, \qquad (6.75)$$

где M - момент в наклонном сечении с длиной проекции a_q на продольную ось элемента, определяемый от всех внешних сил, расположенных по одну сторону от рассматриваемого наклонного сечения, относительно конца наклонного сечения (точка 0), противоположного концу, у которого располагается проверяемая продольная арматура, испытывающая растяжение от момента в наклонном сечении; при этом учитывают наиболее опасное загружение в пределах наклонного сечения;

M_s - момент, воспринимаемый продольной стержневой арматурой, пересекающей наклонное сечение относительно противоположного конца наклонного сечения (точка 0);

M_{sw} - момент, воспринимаемый поперечной стержневой арматурой, пересекающей наклонное сечение относительно противоположного конца наклонного сечения (точка 0);

M_{fbt} - момент, воспринимаемый сталефибробетоном, относительно противоположного конца наклонного сечения (точка 0);

Момент M_s определяют по формуле:

$$M_s = N_s z_s, \qquad (6.76)$$

где N_s - усилие в продольной растянутой арматуре, принимаемое равным $R_s A_s$, а в зоне анкеровки - определяемое согласно пп. 8.3.22-8.3.32;

z_s - плечо внутренней пары сил, допускается принимать $z_s = 0{,}9h$.

Момент M_{sw} для поперечной арматуры, нормальной к продольной оси элемента, определяют по формуле:

$$M_{sw} = 0{,}5 Q_{sw} a_q, \qquad (6.77)$$

где Q_{sw} – усилие в поперечной арматуре, принимаемое равным $q_{sw} a_q$;

q_{sw} – определяют по формуле (6.74), а a_q принимают в пределах от $1{,}0h$ до $2{,}0h$.

Момент M_{fbt} определяют по формуле:

$$M_{fbt} = 0{,}5 Q_{fbt} a_q, \qquad (6.78)$$

где Q_{fbt} - определяется по п. 6.4.3.

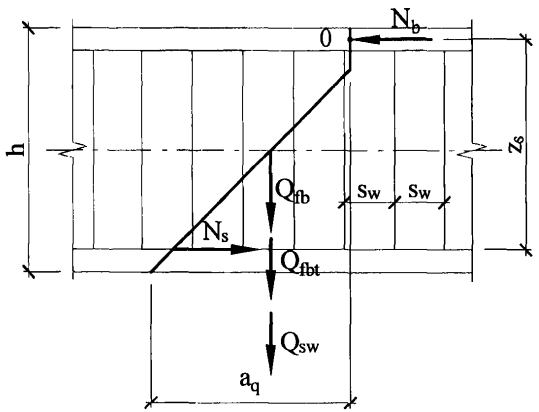


Рисунок 6.10 - Схема усилий при расчете сталефибробетонных элементов по по наклонному сечению на действие моментов

Расчет производят для наклонных сечений, расположенных по длине элемента на его концевых участках и в местах обрыва продольной арматуры, при наиболее опасной длине проекции наклонного сечения a_q, принимаемой в указанных выше пределах.

Допускается производить расчет наклонных сечений, принимая в условии (6.75) момент M в наклонном сечении при длине проекции a_q на продольную ось элемента, равной $2{,}0h$, а момент M_{sw} - равным $0{,}5q_{sw}h^2$.

При отсутствии поперечной арматуры расчет наклонных сечений производят из условия (6.75), принимая момент M в наклонном сечении при длине проекции a_q на продольную ось элемента, равной $2{,}0h$, а момент M_{sw} – равным нулю.

6.5 РАСЧЕТ СТАЛЕФИБРОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА МЕСТНОЕ СЖАТИЕ

6.5.1 Расчет сталефибробетонных элементов на местное сжатие (смятие) производят при действии сжимающей силы, приложенной на ограниченной площади нормально к поверхности сталефибробетонного элемента. При этом учитывают повышенное сопротивление сжатию сталефибробетона в пределах грузовой площади (площади смятия) за счет объемного напряженного состояния сталефибробетона под грузовой площадью, зависящее от расположения грузовой площади на поверхности элемента.

При наличии сетчатого армирования в зоне местного сжатия учитывают дополнительное повышение сопротивления сжатию сталефибробетона под грузовой площадью за счет сопротивления стержневой арматуры.

Расчет элементов на местное сжатие при фибровом армировании (см. п. 4.1.2) производят согласно п. 6.5.2, а при комбинированном армировании - согласно п. 6.5.3.

6.5.2 Расчет элементов на местное сжатие при фибровом армировании (рис. 6.11) производят из условия:

$$N \le \psi R_{fb,loc} A_{fb,loc}, \qquad (6.79)$$

где N – местная сжимающая сила от внешней нагрузки;

$A_{fb,loc}$ – площадь приложения сжимающей силы (площадь смятия);

$R_{fb,loc}$ – расчетное сопротивление сталефибробетона сжатию при местном действии сжимающей силы;

ψ – коэффициент, принимаемый равным 1,0 при равномерном и 0,75 при неравномерном распределении местной нагрузки по площади смятия.

Значение $R_{fb,loc}$ определяют по формуле:

$$R_{fb,loc} = \varphi_{fb} R_{fb} \quad , \qquad (6.80)$$

где φ_{fb} – коэффициент, определяемый по формуле:

$$\varphi_{fb} = 0{,}8\sqrt{\frac{A_{fb,\max}}{A_{fb,loc}}}, \qquad (6.81)$$

но принимаемый не более 2,5 и не менее 1,0.

В формуле (6.81):

$A_{fb,\max}$ – максимальная расчетная площадь, устанавливаемая по следующим правилам:

- центры тяжести площадей $A_{fb,loc}$ и $A_{fb,\max}$ совпадают;
- границы расчетной площади $A_{fb,\max}$ отстоят от каждой стороны площади $A_{fb,loc}$ на расстоянии, равном соответствующему размеру этих сторон (рис. 6.11).

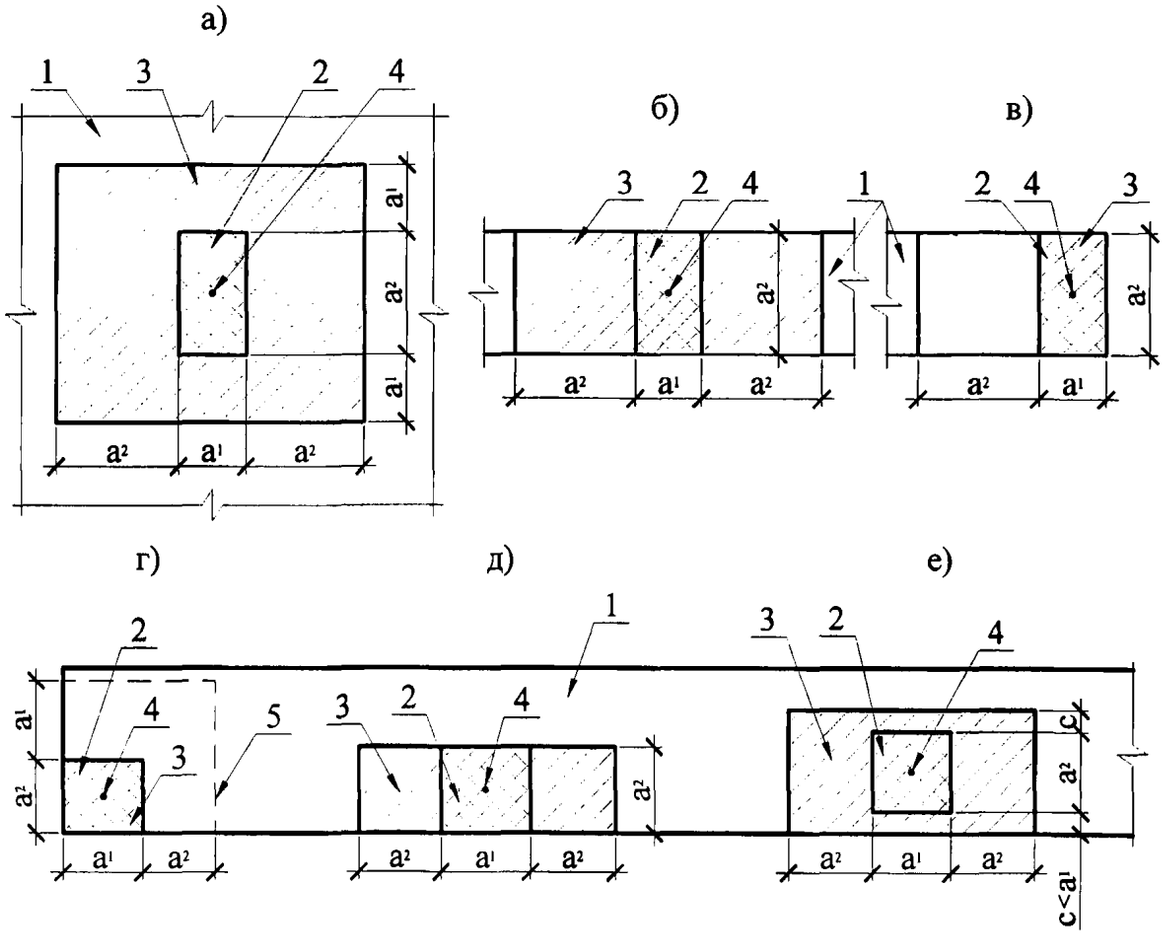


Рисунок 6.11 – Схемы для расчета элементов на местное сжатие при расположении местной нагрузки:
а) – вдали от краев элемента; б) – по всей ширине элемента; в) – у края (торца) элемента по всей его ширине; г) – на углу элемента; д) – у одного края элемента; е) – вблизи одного края элемента.
1 – элемент, на который действует местная нагрузка; 2 – площадь смятия $A_{fb,loc}$;
3 –максимальная расчетная площадь $A_{fb,\max}$; 4 – центр тяжести площадей $A_{fb,loc}$ и $A_{fb,\max}$;
5 – минимальная зона армирования сетками, при которой косвенное армирование учитывается в расчете.

6.5.3 Расчет элементов на местное сжатие при наличии сетчатого армирования (косвенной арматуры) в виде сварных сеток производят из условия:

$$N \le \psi R_{bs,loc} A_{fb,loc}, \qquad (6.82)$$

где $R_{bs,loc}$ – приведенное с учетом сетчатого армирования в зоне местного сжатия расчетное сопротивление сталефибробетона сжатию, определяемое по формуле:

$$R_{bs,loc} = R_{fb,loc} + 2\varphi_{s,xy} R_{s,xy} \mu_{s,xy}, \qquad (6.83)$$

Здесь $\varphi_{s,xy}$ – коэффициент, определяемый по формуле:

$$\varphi_{s,xy} = \sqrt{\frac{A_{fb,loc,ef}}{A_{fb,loc}}}; \qquad (6.84)$$

$A_{fb,loc,ef}$ – площадь, заключенная внутри контура сеток, считая по их крайним стержням и принимаемая в формуле (6.84) не более $A_{fb,\max}$;

$R_{s,xy}$ – расчетное сопротивление растяжению стержневой арматуры;

$\mu_{s,xy}$ – коэффициент сетчатого армирования, определяемый по формуле:

$$\mu_{s,xy} = \frac{n_x A_{sx} l_x + n_y A_{sy} l_y}{A_{fb,loc,ef} s}; \qquad (6.85)$$

n_x, A_{sx}, l_x – число стержней, площадь сечения и длина стержня сетки, считая в осях крайних стержней, в направлении X;

n_y, A_{sy}, l_y – то же, в направлении Y;

s – шаг сеток.

Значения $R_{fb,loc}$, $A_{fb,loc}$, ψ и N принимают согласно п. 6.5.2.

Значение местной сжимающей силы, воспринимаемое элементом с сетчатым армированием (правая часть условия 6.82), принимают не более удвоенного значения местной сжимающей силы, воспринимаемого элементом без сетчатого армирования (правая часть условия 6.79).

Сетчатое армирование должно отвечать конструктивным требованиям, приведенным в разд. 8.

6.6 РАСЧЕТ СТАЛЕФИБРОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ПРОДАВЛИВАНИЕ

Общие положения

6.6.1 Расчет на продавливание производят для плоских сталефибробетонных элементов (плит) при действии на них (нормально к плоскости элемента) местных, концентрированно приложенных усилий - сосредоточенных силы и изгибающего момента.

При расчете на продавливание рассматривают расчетное поперечное сечение, расположенное вокруг зоны передачи усилий на элемент на расстоянии $\frac{h}{2}$ нормально к его продольной оси, по поверхности которого действуют касательные усилия от сосредоточенных сил и изгибающего момента.

Действующие касательные усилия по площади расчетного поперечного сечения должны быть восприняты сталефибробетоном с сопротивлением осевому растяжению R_{fbt} и расположенной по обе стороны от расчетного поперечного сечения на расстоянии $\frac{h}{2}$ поперечной стержневой арматурой с сопротивлением растяжению R_{sw}.

При действии сосредоточенной силы касательные усилия, воспринимаемые сталефибробетоном и стержневой арматурой, принимают равномерно распределенными по всей площади расчетного поперечного сечения. При действии изгибающего момента касательные усилия, воспринимаемые сталефибробетоном и поперечной арматурой, принимают с учетом неупругой работы сталефибробетона и стержневой арматуры. Допускается касательные усилия, воспринимаемые сталефибробетоном и стержневой арматурой, принимать линейно изменяющимися по длине расчетного поперечного сечения в направлении действия момента с максимальными касательными усилиями противоположного знака у краев расчетного поперечного сечения в этом направлении.

Расчет на продавливание при действии сосредоточенной силы при фибровом армировании производят согласно п. 6.6.2, при действии сосредоточенной силы и комбинированном армировании - согласно п. 6.6.3, при действии сосредоточенных силы, изгибающего момента и фибровом армировании - согласно п. 6.6.4 и при действии сосредоточенных силы, изгибающего момента и комбинированном армировании - согласно п. 6.6.5.

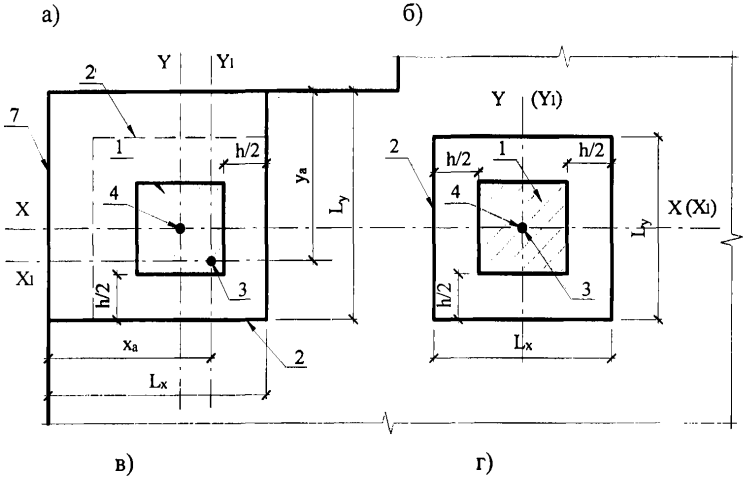
Расчетный контур поперечного сечения принимают:

при расположении площадки передачи нагрузки внутри плоского элемента – замкнутым и расположенным вокруг площадки передачи нагрузки (рис. 6.12 б, г);

при расположении площадки передачи нагрузки у края или угла плоского элемента – в виде двух вариантов: замкнутым и расположенным вокруг площадки передачи нагрузки, и незамкнутым, следующим от краев плоского элемента (рис. 6.12а, в), в этом случае учитывают наименьшую несущую способность при двух вариантах расположения расчетного контура поперечного сечения.

При действии момента M_{loc} в месте приложения сосредоточенной нагрузки половину этого момента учитывают при расчете на продавливание, а другую половину учитывают при расчете по нормальным сечениям по ширине сечения, включающим ширину площадки передачи нагрузки и высоту сечения плоского элемента по обе стороны от площадки передачи нагрузки.

При действии сосредоточенных моментов и силы в условиях прочности соотношения между действующими сосредоточенными моментами M, учитываемых при продавливании, и предельными M_{ult} принимают не более соотношения между действующим сосредоточенным усилием F и предельным F_{ult}.



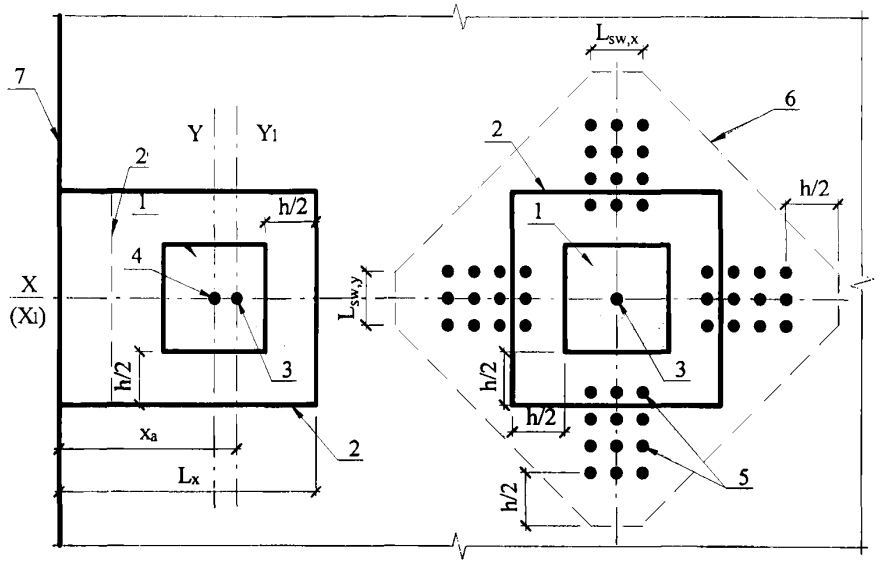


Рисунок 6.12 – Схема расчетных контуров поперечного сечения при продавливании:
а, в) – площадка приложения нагрузки у края плоского элемента;
б) – то же внутри плоского элемента;
г) – при крестообразном расположении поперечной арматуры.
1 – площадь приложения нагрузки;
2 – расчетный контур поперечного сечения;
2' – второй вариант расположения расчетного контура;
3 – центр тяжести расчетного контура (место пересечения осей X_1 и Y_1);
4 – центр тяжести площадки приложения нагрузки (место пересечения осей X и Y);
5 – поперечная арматура;
6 – контур расчетного поперечного сечения без учета в расчете поперечной арматуры;
7 – граница (край) плоского элемента.

Расчет сталефибробетонных элементов на продавливание при действии сосредоточенной силы

6.6.2 Расчет элементов на продавливание при действии сосредоточенной силы и фибровом армировании производят из условия:

$$F \le F_{fb,ult}, \qquad (6.86)$$

где F – сосредоточенная сила от внешней нагрузки;

$F_{fb,ult}$ – предельное усилие, воспринимаемое сталефибробетоном.

Усилие $F_{fb,ult}$ определяют по формуле:

$$F_{fb,ult} = R_{fbt} A_{fb}, \qquad (6.87)$$

где A_{fb} – площадь расчетного поперечного сечения, расположенного на расстоянии $0{,}5h$ от границы площади приложения сосредоточенной силы F с рабочей высотой сечения h (рис. 6.13).

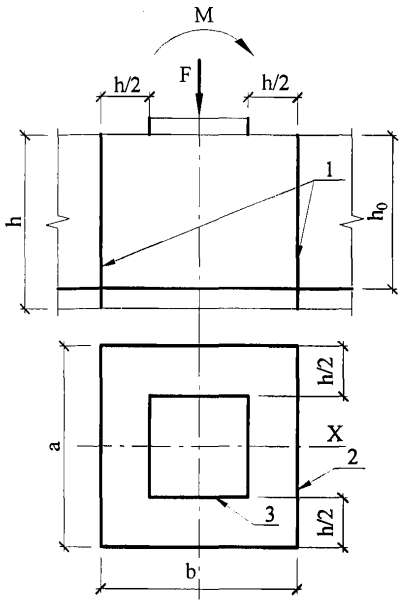


Рисунок 6.13 – Схема для расчета сталефибробетонных элементов без поперечной арматуры на продавливание:
1 – расчетное поперечное сечение;
2 – контур расчетного поперечного сечения;
3 – контур площадки приложения нагрузки.

Площадь A_{fb} определяют по формуле:

$$A_{fb} = u0{,}5h, \qquad (6.88)$$

где u – периметр контура расчетного поперечного сечения;

h – рабочая высота сечения.

6.6.3 Расчет сталефибробетонных элементов при комбинированном армировании на продавливание при действии сосредоточенной силы (рис. 6.14) производят из условия:

$$F \le F_{fb,ult} + F_{sw,ult}, \qquad (6.89)$$

где $F_{sw,ult}$ – предельное усилие, воспринимаемое поперечной арматурой при продавливании;

$F_{fb,ult}$ – предельное усилие, воспринимаемое сталефибробетоном, определяемое согласно п. 6.6.2.

Усилие $F_{sw,ult}$, воспринимаемое поперечной арматурой, нормальной к продольной оси элемента и расположенной равномерно вдоль контура расчетного поперечного сечения, определяют по формуле:

$$F_{sw,ult} = 0{,}8q_{sw}u, \qquad (6.90)$$

где u – периметр контура расчетного поперечного сечения, определяемый согласно п. 6.6.2;

q_{sw} – усилие в поперечной арматуре на единицу длины контура расчетного

поперечного сечения, расположенной в пределах расстояния $0,5h$ по обе стороны от контура расчетного сечения, определяемое по формуле:

$$q_{sw} = \frac{R_{sw} A_{sw}}{s_w}; \qquad (6.91)$$

где A_{sw} – площадь сечения поперечной арматуры с шагом s_w, расположенной в пределах расстояния $0,5h$ по обе стороны контура расчетного поперечного сечения по его периметру;

При расположении поперечной арматуры неравномерно по контуру расчетного поперечного сечения, а сосредоточенно у осей площадки передачи нагрузки (крестообразное расположение поперечной арматуры) периметр контура u для поперечной арматуры принимают по фактическим длинам участков расположения поперечной арматуры L_{swx} и L_{swy} по расчетному контуру продавливания (рис. 6.12г).

Значение $F_{fb,ult} + F_{sw,ult}$ принимают не более $2F_{fb,ult}$. Поперечную арматуру учитывают в расчете при $F_{sw,ult}$ не менее $0,25F_{fb,ult}$.

За границей расположения поперечной арматуры расчет на продавливание производят согласно п. 6.6.2, рассматривая контур расчетного поперечного сечения на расстоянии $0,5h$ от границы расположения поперечной арматуры (рис. 6.14). При сосредоточенном расположении поперечной арматуры по осям площадки передачи нагрузки расчетный контур поперечного сечения бетона принимают по диагональным линиям, следующим от края расположения поперечной арматуры (рис. 6.12г).

Поперечная арматура должна удовлетворять конструктивным требованиям, приведенным в разделе 8.

Расчет сталефибробетонных элементов на продавливание при действии сосредоточенных сил и изгибающего момента

6.6.4 Расчет сталефибробетонных элементов на продавливание при совместном действии сосредоточенных сил и изгибающего момента, при фибровом армировании (рис. 6.13) производят из условия:

$$\frac{F}{F_{fb,ult}} + \frac{M}{M_{fb,ult}} \le 1, \qquad (6.92)$$

где F – сосредоточенная сила от внешней нагрузки;

M – сосредоточенный изгибающий момент от внешней нагрузки, учитываемый при расчете на продавливание (п. 6.6.1);

$F_{fb,ult}$ и $M_{fb,ult}$ – предельные сосредоточенные сила и изгибающий момент, которые могут быть восприняты сталефибробетоном в расчетном поперечном сечении при их раздельном действии.

В сталефибробетонном каркасе зданий с плоскими перекрытиями сосредоточенный изгибающий момент M_{loc} равен суммарному изгибающему моменту в сечениях верхней и нижней колонн, примыкающих к перекрытию в рассматриваемом узле.

Предельную силу $F_{fb,ult}$ определяют согласно п. 6.6.2.

Предельный изгибающий момент $M_{fb,ult}$ определяют по формуле:

$$M_{fb,ult} = R_{fbt} W_{fb} h, \qquad (6.93)$$

где W_{fb} – момент сопротивления расчетного контура поперечного сечения, определяемый согласно п. 6.6.6.

При действии изгибающих моментов в двух взаимно перпендикулярных плоскостях расчет производят из условия:

$$\frac{F}{F_{fb,ult}} + \frac{M_x}{M_{fbx,ult}} + \frac{M_y}{M_{fby,ult}} \le 1, \qquad (6.94)$$

где F, M_x и M_y – сосредоточенные сила и изгибающие моменты в направлениях осей X и Y, учитываемые при расчете на продавливание (п.6.6.1), от внешней нагрузки;

$F_{fb,ult}$, $M_{fbx,ult}$, $M_{fby,ult}$ – предельные сосредоточенные сила и изгибающие моменты в направлениях осей X и Y, которые могут быть восприняты сталефибробетоном в расчетном поперечном сечении при их раздельном действии.

Усилие $F_{fb,ult}$ определяют согласно п. 6.6.2.

Усилия $M_{fbx,ult}$ и $M_{fby,ult}$ определяют согласно указаниям, приведенным выше, при действии момента соответственно в плоскости оси X и в плоскости оси Y.

При расположении сосредоточенной силы внецентренно относительно центра тяжести контура расчетного поперечного сечения значения изгибающих сосредоточенных моментов от внешней нагрузки определяют с учетом дополнительного момента от внецентренного приложения сосредоточенной силы относительно центра тяжести контура расчетного поперечного сечения.

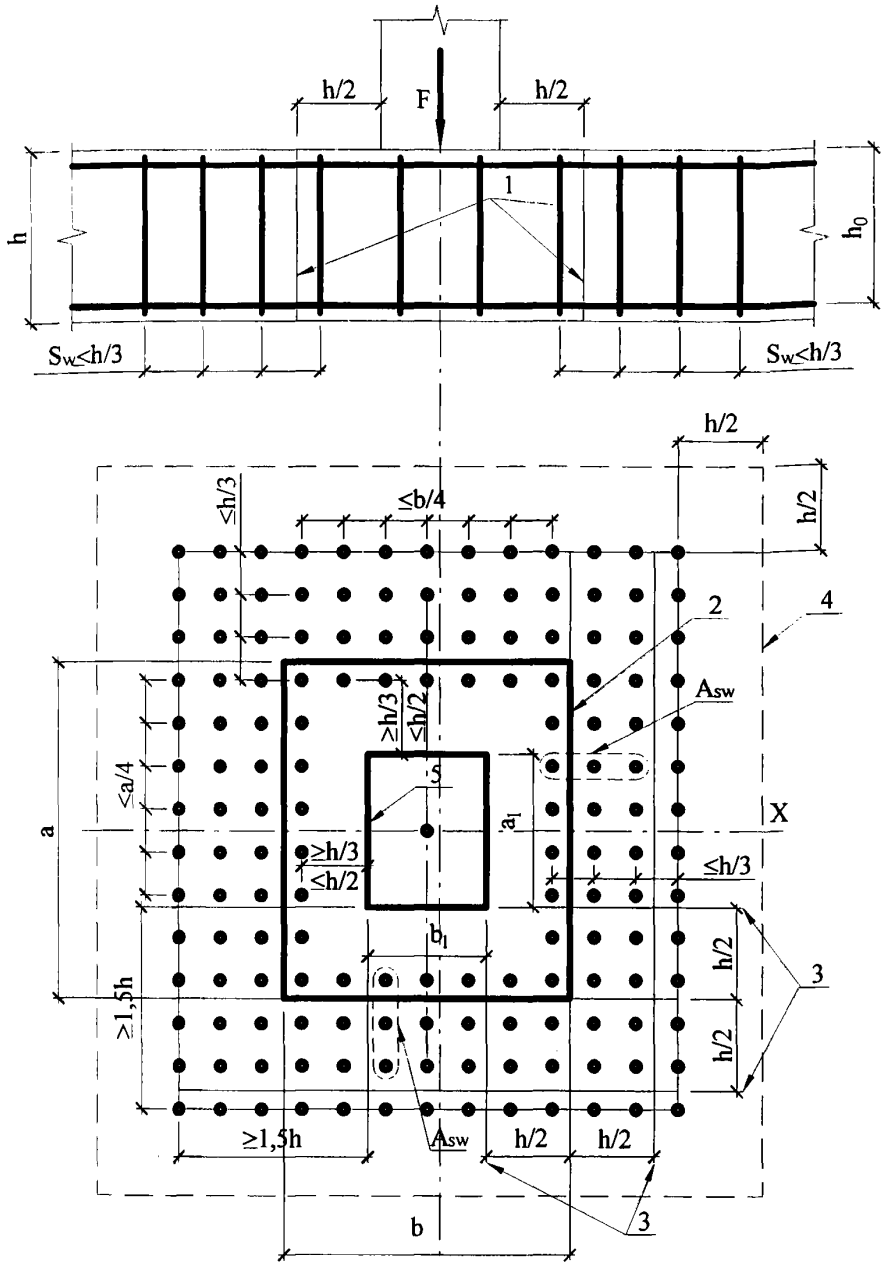


Рисунок 6.14 – Схема для расчета сталефибробетонных плит с вертикальной равномерно распределенной поперечной арматурой на продавливание:

1 – расчетное поперечное сечение;

2 – контур расчетного поперечного сечения;

3 – границы зоны, в пределах которых в расчете учитывается поперечная арматура;

4 – контур расчетного поперечного сечения без учета в расчете поперечной арматуры;

5 – контур площадки приложения нагрузки.

6.6.5 Расчет сталефибробетонных элементов на продавливание при действии сосредоточенных силы и изгибающего момента, при комбинированном армировании (рис. 6.14) производят из условия:

$$\frac{F}{F_{fb,ult}+F_{sw,ult}}+\frac{M}{M_{fb,ult}+M_{sw,ult}}\le 1, \qquad (6.95)$$

где F и M – по п.6.6.4;

$F_{fb,ult}$ и $M_{fb,ult}$ – предельные сосредоточенные сила и изгибающий момент, которые могут быть восприняты сталефибробетоном в расчетном поперечном сечении при их раздельном действии;

$F_{sw,ult}$ и $M_{sw,ult}$ – предельные сосредоточенные сила и изгибающий момент, которые могут быть восприняты поперечной арматурой при их раздельном действии.

Усилия $F_{fb,ult}$, $M_{fb,ult}$ и $F_{sw,ult}$ определяют согласно пп. 6.6.3 и 6.6.4.

Усилие $M_{sw,ult}$, воспринимаемое поперечной арматурой, нормальной к плоскости элемента и расположенной равномерно вдоль контура расчетного сечения, определяют по формуле:

$$M_{sw,ult}=0{,}8q_{sw}W_{sw}, \qquad (6.96)$$

где q_{sw} и W_{sw} – определяют согласно пп. 6.6.3 и 6.6.7.

При действии сосредоточенных изгибающих моментов в двух взаимно перпендикулярных плоскостях расчет производят из условия

$$\frac{F}{F_{fb,ult}+F_{sw,ult}}+\frac{M_x}{M_{fbx,ult}+M_{sw,x,ult}}+\frac{M_y}{M_{fby,ult}+M_{sw,y,ult}}\le 1, \qquad (6.97)$$

где F, M_x и M_y – согласно п. 6.6.4;

$F_{fb,ult}$, $M_{fbx,ult}$ и $M_{fby,ult}$ - предельные сосредоточенные сила и изгибающие моменты в направлениях осей X и Y, которые могут быть восприняты сталефибробетоном в расчетном поперечном сечении при их раздельном действии;

$F_{sw,ult}$, $M_{sw,x,ult}$ и $M_{sw,y,ult}$ – предельные сосредоточенные сила и изгибающие моменты в направлениях осей X и Y, которые могут быть восприняты поперечной арматурой при их раздельном действии.

Усилия $F_{fb,ult}$, $M_{fbx,ult}$, $M_{fby,ult}$ и $F_{sw,ult}$ определяют согласно пп. 6.6.3 и 6.6.4.

Усилия $M_{sw,x,ult}$ и $M_{sw,y,ult}$ определяют согласно рекомендациям, приведенным выше, при действии изгибающего момента, соответственно в направлении оси X и оси Y.

Значения $F_{fb,ult}+F_{sw,ult}$, $M_{fb,ult}+M_{sw,ult}$, $M_{fbx,ult}+M_{sw,x,ult}$, $M_{fby,ult}+M_{sw,y,ult}$ в условиях (6.95) и (6.97) принимают не более $2F_{fb,ult}$, $2M_{fb,ult}$, $2M_{fbx,ult}$, $2M_{fby,ult}$, соответственно.

Поперечная арматура должна отвечать конструктивным требованиям, приведенным в разделе 8.

6.6.6 В общем случае значения момента сопротивления расчетного контура сталефибробетона при продавливании $W_{fbx(y)}$ в направлениях взаимно перпендикулярных осей X и Y определяют по формуле:

$$W_{fbx(y)}=\frac{I_{fbx(y)}}{y(x)_{\max}}, \qquad (6.98)$$

где $I_{fbx(y)}$ ***– момент инерции расчетного контура относительно осей*** X_1 ***и*** Y_1***, проходящих через его центр тяжести (рис. 6.12);***

$y(x)_{max}$ ***– максимальное расстояние от расчетного контура до его центра тяжести.***

Значение момента инерции $I_{fbx(y)}$ определяют как сумму моментов инерции $I_{fbx(y)i}$ отдельных участков расчетного контура поперечного сечения относительно центральных осей, проходящих через центр тяжести расчетного контура.

Положение центра тяжести расчетного контура относительно выбранной оси определяют по формуле:

$$x(y)_0 = \frac{\sum L_i x_i (y_i)_0}{\sum L_i}, \qquad (6.99)$$

где L_i – длина отдельного участка расчетного контура;

$x_i(y_i)_0$ – расстояние от центров тяжести отдельных участков расчетного контура до выбранных осей.

Для замкнутого прямоугольного контура (рис. 6.12 б, г) с длиной участков L_x ***и*** L_y ***в направлении осей*** X ***и*** Y ***центр тяжести расположен в месте пересечения осей симметрии контура.***

Значение момента инерции расчетного контура определяют по формуле:

$$I_{fbx(y)} = I_{fbx(y)1} + I_{fbx(y)2}, \qquad (6.100)$$

где $I_{fbx(y)1,2}$ ***– момент инерции участков контура длиной*** L_x ***и*** L_y ***относительно осей*** Y_1 ***и*** X_1***, совпадающими с осями*** Y ***и*** X***.***

Значения $I_{fbx(y)1,2}$ ***определяют по формулам (6.101) и (6.102), принимая условно ширину каждого участка контура длиной*** L_x ***и*** L_y ***равной единице:***

$$I_{fbx(y)1} = \frac{L^3_{x(y)}}{6}, \qquad (6.101)$$

$$I_{fbx(y)2} = 0{,}5 L_{y(x)} L^2_{x(y)}; \qquad (6.102)$$

Значения $W_{fbx(y)}$ ***определяют по формуле:***

$$W_{fbx(y)} \frac{I_{fbx(y)}}{L_{x(y)}/2}, \qquad (6.103)$$

или $$W_{fbx(y)} = (L_{x(y)} L_{y(x)} + \frac{1}{3} L^2_{x(y)}). \qquad (6.104)$$

Для незамкнутого расчетного контура, состоящего из трех прямолинейных участков длиной L_x и L_y (рис. 6.12 в), например, при расположении площадки передачи нагрузки (колонны) у края плоского элемента (плиты перекрытия), положение центра тяжести расчетного контура в направлении оси X определяют по формуле:

$$x_o = \frac{L_x^2 + L_y L_x}{2L_x + L_y}, \qquad (6.105)$$

а в направлении оси Y – центр тяжести расположен по оси симметрии расчетного контура.

Значения момента инерции расчетного контура относительно центральных осей Y_1 и X_1 определяют по формуле (6.100).

Значения I_{fbx1} и I_{fbx2} определяют по формулам:

$$I_{fbx1} = \frac{L_x^3}{6} + 2L_x(x_o - \frac{L_x}{2})^2, \quad (6.106)$$

$$I_{fbx2} = L_y(L_x - x_o)^2. \quad (6.107)$$

Значения I_{fby1} и I_{fby2} определяют по формулам:

$$I_{fby1} = 0{,}5L_xL_y^2, \quad (6.108)$$

$$I_{by2} = \frac{L_y^3}{12}. \quad (6.109)$$

Значения W_{bx} и W_{by} определяют по формулам:

$$W_{fbx} = \frac{I_{fbx}}{x_o} \text{ и } W_{fbx} = \frac{I_{fbx}}{L_x - x_o}; \quad (6.110)$$

$$W_{fby} = \frac{2I_{fby}}{L_x}. \quad (6.111)$$

При расчете принимают наименьшие значения моментов сопротивления W_{fbx}.

Для незамкнутого расчетного контура, состоящего из двух прямолинейных участков длиной L_x и L_y (рис. 6.12а), например, при расположении площадки передачи нагрузки (колонны) вблизи угла плоского элемента (плиты перекрытия), положение центра тяжести расчетного контура в направлении осей X и Y определяют по формуле:

$$x_o(y_o) = \frac{L_{x(y)}L_{y(x)} + 0{,}5L_{x(y)}^2}{L_x + L_y}. \quad (6.112)$$

Значения момента инерции расчетного контура относительно центральных осей Y_1 и X_1 определяют по формулам (6.106) и (6.108).

Значения $I_{fbx(y)1}$ и $I_{fbx(y)2}$ определяют по формулам:

$$I_{fbx1} = \frac{L_x^3}{12} + L_x(x_o - \frac{L_x}{2})^2; \quad (6.113)$$

$$I_{fbx2} = L_y(L_x - x_o)^2; \quad (6.114)$$

$$I_{fby1} = L_x(L_y - y_o)^2; \quad (6.115)$$

$$I_{fby2} = \frac{L_y^3}{12} + L_y(y_o - \frac{L_y}{2})^2. \quad (6.116)$$

Значения W_{fbx} и W_{fby} определяют по формулам:

$$W_{fbx} = \frac{I_{fbx}}{x_o} \text{ и } \frac{I_{fbx}}{L_x - x_o}; \quad (6.117)$$

$$W_{fby} = \frac{I_{fby}}{y_o} \text{ и } \frac{I_{fby}}{L_y - y_o}. \quad (6.118)$$

При расчете принимают наименьшие значения моментов сопротивления W_{fbx} и W_{fby}.

6.6.7 Значения моментов сопротивления поперечной арматуры при продавливании $W_{sw,x(y)}$ в том случае, когда поперечная арматура расположена равномерно вдоль расчетного контура продавливания в пределах зоны, границы которой отстоят на

расстоянии $\frac{h}{2}$ в каждую сторону от контура продавливания сталефибробетона (рис. 6.14), принимают равными соответствующим значениям W_{fbx} и W_{fby}.

При расположении поперечной арматуры в плоском элементе сосредоточенно по осям грузовой площадки, например, по оси колонн (крестообразное расположение поперечной арматуры в перекрытии) моменты сопротивления поперечной арматуры определяют по тем же правилам, что и моменты сопротивления сталефибробетона, принимая соответствующую фактическую длину ограниченного участка расположения поперечной арматуры по расчетному контуру продавливания L_{swx} и L_{swy} (рис. 6.12г).

7. РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ СТАЛЕФИБРОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПО ПРЕДЕЛЬНЫМ СОСТОЯНИЯМ ВТОРОЙ ГРУППЫ

7.1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

7.1.1 Расчеты по предельным состояниям второй группы включают:

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

Расчет по закрытию трещин для сталефибробетонных конструкций не производится.

7.1.2 Расчет по образованию трещин производят для проверки необходимости расчета по раскрытию трещин, а также для проверки необходимости учета трещин при расчете по деформациям.

7.1.3 При расчете по предельным состояниям второй группы нагрузки принимают с коэффициентом надежности по нагрузке $\gamma_f = 1{,}0$.

7.2 РАСЧЕТ СТАЛЕФИБРОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПО РАСКРЫТИЮ ТРЕЩИН

Общие положения

7.2.1 Расчет сталефибробетонных элементов по раскрытию трещин производят в тех случаях, когда соблюдается условие:

$$M > M_{crc}; \qquad (7.1)$$

где M – изгибающий момент от внешней нагрузки относительно оси, нормальной к плоскости действия момента и проходящей через центр тяжести приведенного поперечного сечения элемента;

M_{crc} – изгибающий момент, воспринимаемый нормальным сечением элемента при образовании трещин, определяемый согласно п. 7.2.2.

Для центрально растянутых элементов ширину раскрытия трещин определяют при соблюдении условия:

$$N > N_{crc}, \qquad (7.2)$$

где N – продольное растягивающее усилие от внешней нагрузки;

N_{crc} – продольное растягивающее усилие, воспринимаемое элементом при образовании трещин, определяемое согласно п. 7.2.6.

7.2.2 Расчет сталефибробетонных элементов производят по непродолжительному и продолжительному раскрытию трещин.

Непродолжительное раскрытие трещин определяют от совместного действия постоянных и временных (длительных и кратковременных) нагрузок, продолжительное - только от постоянных и временных длительных нагрузок (п. 4.2.4).

7.2.3 Расчет по раскрытию трещин производят из условия:

$$a_{crc} \le a_{crc,ult}, \qquad (7.3)$$

где a_{crc} – ширина раскрытия трещин от действия внешней нагрузки, определяемая согласно пп. 7.2.4, 7.2.7 и 7.2.10.

$a_{crc,ult}$ – предельно допустимая ширина раскрытия трещин.

Значения $a_{crc,ult}$ принимают по табл. 4.1.

7.2.4 Ширину раскрытия трещин a_{crc} определяют исходя из взаимных смещений растянутой арматуры и бетона по обе стороны трещины на уровне оси арматуры и принимают:

при продолжительном раскрытии

$$a_{crc} = a_{crc,1}, \qquad (7.4)$$

при непродолжительном раскрытии

$$a_{crc} = a_{crc,1} + a_{crc,2} - a_{crc,3}, \qquad (7.5)$$

где $a_{crc,1}$ – ширина раскрытия трещин от продолжительного действия постоянных и временных длительных нагрузок;

$a_{crc,2}$ – ширина раскрытия трещин от непродолжительного действия постоянных и временных (длительных и кратковременных) нагрузок;

$a_{crc,3}$ – ширина раскрытия трещин от непродолжительного действия постоянных и временных длительных нагрузок.

Значения $a_{crc,1}$, $a_{crc,2}$ и $a_{crc,3}$ определяют с учетом влияния продолжительности действия соответствующей нагрузки.

Определение момента образования трещин, нормальных к продольной оси элемента

7.2.5 Момент трещинообразования M_{crc} для сталефибробетонных элементов определяют по формуле:

для элементов без предварительного напряжения арматуры:

$$M_{crc} = W_{pt} R_{bt,ser}, \qquad (7.6)$$

для предварительно напряженных элементов:

$$M_{crc} = W_{pt} R_{bt,ser} \pm M_p, \qquad (7.7)$$

где W_{pt} - момент сопротивления для крайнего растянутого волокна сечения с учетом неупругих деформаций растянутого бетона, определяется по формуле:

$$W_{pt} = \frac{2\left(I_{bc} + \alpha_f I_{fc1} + \alpha_f I_{ft1}\right)}{h - x} + S_{bt}, \qquad (7.8)$$

где I_{bc}, I_{fc1} и I_{ft1} - моменты инерции сжатой зоны бетона, площадей сечения фибровой или фибровой и стержневой арматуры, расположенной, соответственно, в сжатой и растянутой зонах сечения, относительно нулевой линии;

S_{bt} - 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 определяется по формуле:

$$S_{bc} + \alpha_f S_{fc1} - \alpha_f S_{ft1} = \frac{(h-x)A_{bt}}{2}, \qquad (7.9)$$

где S_{bc}, S_{fc1} и S_{ft1} - статические моменты площадей сечения сжатой зоны бетона, площадей сечения фибровой или фибровой и стержневой арматуры, расположенной в сжатой и растянутой зонах сечения относительно нулевой линии;

A_{bt} - площадь сечения растянутого бетона;

h - высота сечения элемента.

Значение M_p в формуле (7.7) определяется по формуле:

$$M_p = P(e_{cp} + r), \qquad (7.10)$$

где M_p - момент усилия N_p относительно оси, параллельной нулевой линии и проходящей через ядровую точку, наиболее удаленную от растянутой зоны, трещиностойкость которой нужно определить.

В формуле (7.7) знак «+» следует принимать, когда направление моментов M_{crc} и M_p противоположны, знак «-» когда направления совпадают.

Значения I_{fc1}, I_{ft1}, S_{fc1} и S_{ft1} вычисляются с коэффициентом фибрового армирования по площади μ_{fa}^1, μ_{fa} и μ_{faw}, определяемых по формулам:

$$\mu_{fa}^1 = \mu_{fvf}^1 \kappa_{nf}^2 \kappa_{an}; \qquad (7.11)$$

$$\mu_{fa} = \mu_{fvf} \kappa_{orf}^2 \kappa_{an}; \qquad (7.12)$$

$$\mu_{faw} = \mu_{fvw} \kappa_{orw}^2 \kappa_{an}. \qquad (7.13)$$

Коэффициенты κ_{nf}, κ_{orf} и κ_{orw}, учитывающие ориентацию фибр в полках и ребре, для тавровых и двутавровых сечений принимаются по табл. 6.1 и 6.2.

Значение коэффициента κ_{an} определяется по формуле:

$$\kappa_{an} = 1 - \beta \frac{l_{f,an}}{l_f}; \qquad (7.14)$$

здесь $\beta = \dfrac{M - 0{,}9M_{crc}}{M_{\lim}}$,

где $l_{f,an}$ - длина заделки фибры в бетоне определяется согласно п. 6.2.6;

l_f - длина фибры;

M и M_{crc} - изгибающие моменты (п. 7.2.1);

$M_{\lim}$ - расчетный изгибающий момент (из расчета по предельным состояниям первой группы).

7.2.6 Усилие N_{crc} при образовании трещин в центрально растянутых элементах определяют по формуле:

$$N_{crc} = A_{red} R_{bt,ser}, \qquad (7.15)$$

здесь A_{red} - площадь приведенного поперечного сечения элемента, определяемая по формуле:

$$A_{red} = A_b + \alpha A_s + \alpha A_s^{'}; \qquad (7.16)$$

где A_b, A_s, $A_s^{'}$ - площадь поперечного сечения, соответственно, бетона растянутой и сжатой стержневой арматуры;

α - коэффициент приведения арматуры к бетону, определяемый по формуле:

$$\alpha = \frac{E_s}{E_b}.$$

Расчет по раскрытию трещин, нормальных к продольной оси элемента

7.2.7 Ширину раскрытия трещин a_{crc} (мм), нормальных к продольной оси элемента, при комбинированном армировании следует определять по формуле:

$$a_{crc} = \delta\varphi_1\eta_{f1}\eta_{red}\frac{\sigma_f}{E_f}20(3{,}5 - 100\mu_{red})\sqrt[3]{d_{f,red}}, \qquad (7.17)$$

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.

η_{f1} - коэффициент, учитывающий влияние фибрового армирования, определяемый по формуле:

$$\eta_{f1} = \frac{0{,}5}{0{,}5 + m}, \qquad (7.18)$$

Значение коэффициента m определяется по формуле:

$$m = \frac{1}{\frac{40d_{f,red}^2(\mu_{fa} + 5\mu_s)}{\mu_{fa}^2 A} + 1}; \qquad (7.19)$$

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

η_{red} - приведенный коэффициент, определяемый по формуле:

$$\eta_{red} = \frac{\eta_{f2}\mu_{faw} + \eta_s\mu_s}{\mu_{faw} + \mu_s}; \qquad (7.20)$$

где η_{f2} – коэффициент, принимаемый равным:

- 1,0 для фибры типа ФЛА;
- 1,0 для фибры типа ФВ при $d_f \le 0.8$ мм;
- 1,1 для фибры типа ФВ при $d_f \succ 0{,}8$ мм;
- 1,15 для фибры типа ФЛП;
- 1,20 для фибры типа ФЛГ.

μ_{faw} – определяется по формуле (7.13) п.7.2.5;

n_s - коэффициент, принимаемый для стержневой арматуры:

горячекатаной периодического профиля	- 1,0;
горячекатаной гладкой	- 1,3;
холоднотянутой периодического профиля и канатов	- 1,2;
холоднотянутой 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 РТМ;

E_f - модуль упругости стальной фибровой арматуры, см. п. 5.2.5;

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

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

но не более 0,02;

$d_{f,red}$ - приведенный диаметр используемой фибры, определяется согласно п. 6.2.6;

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

$$d_{red} = \frac{d_{f,red}^2 \mu_{faw} + d_s^2 \mu_s}{d_{f,red} \mu_{faw} + d_s \mu_s}, \text{ (мм).} \qquad (7.21)$$

7.2.8 Напряжение σ_f, следует определять:

в центрально растянутых элементах по формуле:

$$\sigma_f = \frac{N - P}{\mu_{fa} A_b}, \qquad (7.22)$$

где P - усилие предварительного напряжения с учетом всех потерь;

A_b - площадь сечения сталефибробетона;

μ_{fa} - коэффициент приведенного армирования по площади, определяемый по формуле:

$$\mu_{fa} = \mu_{fv} \kappa_{or}^2;$$

где μ_{fv} - процент фибрового армирования по объему согласно п. 5.2.2;

κ_{or} - коэффициент, принимаемый по табл. 6.1.

для изгибаемых, внецентренно сжатых или внецентренно растянутых элементов - по правилам строительной механики как для упругого тела.

В расчете σ_f должно рассматриваться сечение, приведенное к эквивалентному стальному сечению (рис. 7.1) с единой упругой характеристикой. В растянутой зоне к стальному сечению приводят только фибровую и стержневую арматуру с эквивалентной площадью сечения, а в сжатой зоне - арматуру и бетон с эквивалентными площадями сечения приведенными к фибровой арматуре при $\alpha_s = \frac{E_s}{E_f}$ и $\alpha_b = \frac{E_b}{E_f}$.

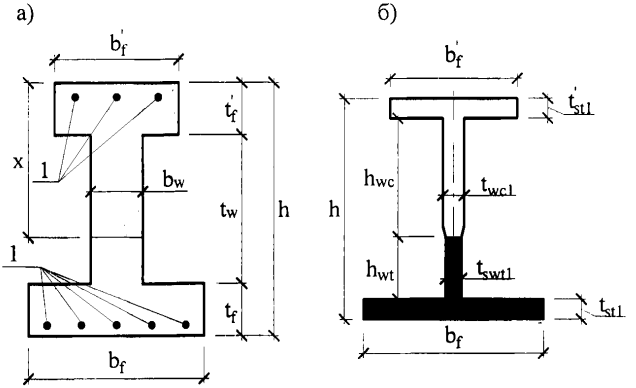


Рисунок 7.1 - Схема приведения сечения сталефибробетонных элементов к стальному:
а) сечение сталефибробетонного элемента;
б) сечение, приведенное к стальному;
1- стержневая арматура.

Значение σ_f, определяется:

для изгибаемых элементов по формуле:

$$\sigma_f = \frac{M - P(e_{cp} + r)}{W_{f1}}; \qquad (7.23)$$

где e_{cp} - эксцентриситет приложения силы P относительно центра тяжести сечения элемента;

r - расстояние от ядровой точки, ближайшей к сжатой грани сечения.

для внецентренно сжатых и внецентренно растянутых элементов по формуле:

$$\sigma_f = \frac{N_{tot}(e_{c,tot} \pm r)}{W_{f1}}. \qquad (7.24)$$

где N_{tot} - равнодействующая продольной силы N и усилия предварительного обжатия P;

$e_{c,tot}$ - эксцентриситет усилия N_{tot} относительно центра тяжести сечения.

В формулах (7.7) и (7.8):

W_{f1} - момент сопротивления приведенного к стальному сечению, определяется по формуле:

$$W_{f1} = \frac{I_{f1}}{1{,}3y_c}; \qquad (7.25)$$

где I_{f1} - момент инерции сечения, приведенного к эквивалентному стальному сечению, относительно его центра тяжести;

y_c - расстояние от центра тяжести сечения, приведенного к стальному, до растянутой грани сечения;

В формуле (7.24) знак «минус» принимается при внецентренном сжатии, а знак «плюс» - при внецентренном растяжении.

7.2.9 Для элементов, к трещиностойкости которых предъявляются требования второй категории, ширина непродолжительного раскрытия трещин определяется как сумма ширины раскрытия от продолжительного действия постоянных и длительных нагрузок и приращения ширины раскрытия от действия кратковременной нагрузки.

Ширина продолжительного раскрытия трещин зависит от продолжительности действия постоянных и длительных нагрузок.

Расчет по раскрытию трещин, наклонных к продольной оси элемента

7.2.10 Ширина раскрытия трещин, наклонных к продольной оси изгибаемых элементов, при сетчатом и комбинированном армировании определяется по формуле:

$$\alpha_{crc} = \varphi_l \kappa_1 \left(h_w + 30 d_{f,red}\right) \frac{\eta_{f1}}{\mu_{faw}} \cdot \frac{\kappa_2^2}{E_f^2}, \qquad (7.26)$$

где φ_l - коэффициент тот же, что и в п. 7.2.1;

κ_1 - коэффициент, вычисляемый для фибры:

типа ФЛГ по формуле $-\left(30-1400\mu_{faw}\right)10^3$;

типа ФЛП по формуле $-\left(25-1400\mu_{faw}\right)10^3$;

типа ФВ по формуле $-\left(22-1400\mu_{faw}\right)10^3$;

типов ФЛА по формуле $-\left(20-1400\mu_{faw}\right)10^3$;

η_{f1} - коэффициент тот же, что и в п.7.2.7;

$\mu_{faw} = \mu_{fv}\kappa_n^2$;

где κ_n - коэффициент, принимаемый по табл. 6.2;

$d_{f,red}$ - приведенный диаметр используемой фибры, согласно п. 6.2.6;

E_f - модуль упругости фибры, принимаемый согласно п. 5.2.5;

$$\kappa_2 = \frac{Q}{b_w t_w} - 0{,}25\frac{P}{A_{bc}}, \qquad (7.27)$$

где 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.

7.3 РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ СТАЛЕФИБРОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПО ДЕФОРМАЦИЯМ

Общие положения

7.3.1 Расчет элементов сталефибробетонных конструкций по деформациям производят с учетом эксплуатационных требований, предъявляемых к конструкциям.

Расчет по деформациям следует производить на действие:

постоянных, временных длительных и кратковременных нагрузок (4.2.4) при ограничении деформаций технологическими или конструктивными требованиями;

постоянных и временных длительных нагрузок при ограничении деформаций эстетическими требованиями.

7.3.2 Деформации (прогибы, углы поворота) элементов сталефибробетонных конструкций вычисляют по формулам строительной механики, определяя входящие в них значения кривизны согласно пп. 7.3.3-7.3.5 настоящего СП.

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

7.3.3 Кривизна сталефибробетонных элементов определяется:

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

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 $\gamma_f = 1{,}2$.

7.3.4 Значения предельно допустимых деформаций элементов принимают согласно СНиП 2.01.07 и нормативным документам на отдельные виды конструкций.

Расчет сталефибробетонных элементов по прогибам

7.3.5 Расчет сталефибробетонных элементов по прогибам производят из условия

$$f \le f_{ult}, \qquad (7.28)$$

где f - прогиб железобетонного элемента от действия внешней нагрузки;

f_{ult} - значение предельно допустимого прогиба сталефибробетонного элемента.

Прогибы сталефибробетонных конструкций определяют по общим правилам строительной механики в зависимости от изгибных, сдвиговых и осевых деформационных характеристик сталефибробетонного элемента в сечениях по его длине (кривизн, углов сдвига и т.д.).

При действии постоянных, длительных и кратковременных нагрузок прогиб балок или плит во всех случаях не должен превышать $\frac{1}{150}$ пролета и $\frac{1}{75}$ вылета консоли.

7.3.6 Прогиб сталефибробетонных элементов, обусловленный деформацией изгиба, определяют по формуле:

$$f = \int_0^l \overline{M}_x \left(\frac{1}{r}\right)_{tot,x} d_x, \qquad (7.29)$$

где $\overline{M}_x$ – изгибающий момент в сечении x от действия единичной силы, приложенной по направлению искомого перемещения элемента в сечении x по длине пролета l, для которого определяют прогиб;

$\left(\frac{1}{r}\right)_{tot,x}$ – полная кривизна элемента в сечении x от внешней нагрузки, при которой определяют прогиб; величина $\left(\frac{1}{r}\right)_{tot,x}$ определяется по формулам (7.31) и (7.39);

знак $\left(\frac{1}{r}\right)$ принимается в соответствии с эпюрой кривизны.

Для элементов постоянного сечения, имеющих трещины на каждом участке, в пределах которого изгибающий момент не меняет знака, кривизну допускается вычислять

для наиболее напряженного сечения, принимая кривизну для остальных сечений такого участка изменяющейся пропорционально значениям изгибающего момента.

Для некоторых наиболее распространенных случаев загружения прогиб изгибаемого элемента постоянного сечения может определяться по формуле:

$$f = m\left(\frac{1}{r}\right)_{tot} l^2, \qquad (7.30)$$

где m - коэффициент, принимаемый в зависимости от условий опирания и схемы загружения;

$\left(\frac{1}{r}\right)_{tot}$ - кривизна в сечении с наибольшим изгибающим моментом от нагрузки, при которой определяется прогиб;

l - расчетный пролет элемента.

Определение кривизны сталефибробетонных элементов

Общие положения

7.3.7 Кривизну изгибаемых, внецентренно сжатых и внецентренно растянутых элементов для вычисления их прогибов определяют:

для элементов или участков элемента, где в растянутой зоне не образуются нормальные к продольной оси трещины, согласно пп. 7.3.8, 7.3.9.

для элементов или участков элемента, где в растянутой зоне имеются трещины, согласно пп. 7.3.10- 7.3.13.

Элементы или участки элементов рассматривают без трещин, если трещины не образуются (т.е. условие (7.1) не выполняется) при действии полной нагрузки, включающей постоянную, временную длительную и кратковременную нагрузки.

Определение кривизны сталефибробетонных элементов на участках без трещин в растянутой зоне

7.3.8 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

$$\left(\frac{1}{r}\right)_{tot} = \left(\frac{1}{r}\right)_1 + \left(\frac{1}{r}\right)_2 - \left(\frac{1}{r}\right)_3 - \left(\frac{1}{r}\right)_4, \qquad (7.31)$$

где $\left(\frac{1}{r}\right)_1$ и $\left(\frac{1}{r}\right)_2$ – кривизна, соответственно, от кратковременных и от постоянных и длительных временных нагрузок (без учета усилия P);

$$\left(\frac{1}{r}\right)_1 = \frac{M}{B_{f_1}}; \qquad (7.32)$$

$$\left(\frac{1}{r}\right)_2 = \frac{M\varphi_{b,cr}}{B_{f_1}}, \qquad (7.33)$$

где M – момент от соответствующей внешней нагрузки относительно оси, нормальной к плоскости действия момента и проходящей через центр тяжести приведенного сечения;

$\varphi_{b,cr}$ – коэффициент ползучести бетона, принимаемый по табл. 5.5 настоящих РТМ в зависимости от вида бетона;

B_{f_1} – жесткость сталефибробетонного элемента при кратковременном действии нагрузки, определяемая по формуле:

$$B_{f_1} = 0{,}85E_bI_1, \tag{7.34}$$

где E_b – модуль упругости бетона, принимаемый по табл. 5.4 настоящих РТМ;

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 $\alpha_{fb} = \frac{E_f}{E_b}$, для стержневой арматуры $\alpha_{sb} = \frac{E_s}{E_b}$, а приведенные проценты армирования фибровой и стержневой арматурой определяются в соответствии с п. 7.2.5 формулы (7.11)-(7.14) настоящих РТМ;

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

$$\left(\frac{1}{r}\right)_3 = \frac{Pe_{op}}{B_{f_1}}, \tag{7.35}$$

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

$\left(\frac{1}{r}\right)_4$ – кривизна, обусловленная выгибом элемента вследствие усадки и ползучести бетона от усилия предварительного обжатия и определяемая по формуле:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_4 = \frac{\varepsilon_b - \varepsilon_b'}{h}, \tag{7.36}$$

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:

$$\varepsilon_b = \frac{\sigma_{fb}}{E_s}; \tag{7.37}$$

$$\varepsilon_b' = \frac{\sigma_{fb}'}{E_s}. \tag{7.38}$$

Значение σ_{fb} принимается численно равным сумме потерь предварительного напряжения арматуры от усадки и ползучести бетона согласно пп. 5.2.13, 5.2.14 настоящих РТМ для арматуры растянутой зоны (условно принимается расположенной на растянутой грани сечения), а σ_{fb}^1 – то же, для напрягаемой арматуры, если бы она имелась на уровне крайнего сжатого волокна бетона.

При этом сумма $\left(\frac{1}{r}\right)_3 + \left(\frac{1}{r}\right)_4$ принимается не менее $\frac{Pe_{op}\gamma_{b_2}}{B_{f_1}}$.

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

7.3.9 При определении кривизны на участках с начальными трещинами в сжатой зоне бетона значения $\left(\frac{1}{r}\right)_1$, $\left(\frac{1}{r}\right)_2$ и $\left(\frac{1}{r}\right)_3$, определенные по формулам (7.32), (7.33) и (7.35), принимаются увеличенными на 15%, а значение $\left(\frac{1}{r}\right)_4$, определенное по формуле (7.36), - на 25%.

Определение кривизны сталефибробетонных элементов на участках с трещинами в растянутой зоне

7.3.10 Полное значение кривизны изгибаемых, внецентренно сжатых и внецентренно растянутых сталефибробетонных элементов прямоугольного, таврового и двутаврового сечений на участках, где образуются нормальные к продольной оси элемента трещины, следует определять по формуле:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_{tot} = \left(\frac{1}{r}\right)_5 - \left(\frac{1}{r}\right)_6 + \left(\frac{1}{r}\right)_7 - \left(\frac{1}{r}\right)_4, \qquad (7.39)$$

где $\left(\frac{1}{r}\right)_5$ - кривизна от непродолжительного действия всей нагрузки, на которую производится расчет по деформациям;

$\left(\frac{1}{r}\right)_6$ - кривизна от непродолжительного действия постоянных и длительных нагрузок;

$\left(\frac{1}{r}\right)_7$ - кривизна от продолжительного действия постоянной и длительной нагрузок;

$\left(\frac{1}{r}\right)_4$ - кривизна, обусловленная выгибом элемента вследствие усадки и ползучести бетона от усилия предварительного обжатия и определяемая по формуле (7.36).

7.3.11 Значения $\left(\frac{1}{r}\right)_5$ определяются по формуле:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_5 = \frac{M_{crc}}{B_{f1}} + \frac{M - M_{crc}}{B_{f3}}, \qquad (7.40)$$

где M - момент от всей внешней нагрузки относительно оси, нормальной к плоскости действия момента и проходящей через центр тяжести приведенного сечения;

M_{crc} - момент, воспринимаемый сечением, нормальным к продольной оси элемента, при образовании трещин;

B_{f1} - определяется по формуле (7.34);

B_{f3} - определяется по формуле:

при кратковременном действии нагрузки

$$B_{f3} = \frac{0{,}9E_f I_{f1}}{1{,}3}, \qquad (7.41)$$

при длительном действии нагрузки

$$B_{f3} = \frac{0{,}5E_f I_{f1}}{1{,}3}, \qquad (7.42)$$

где I_{f1} - момент инерции приведенного сечения определяемый по п. 7.2.8.

7.3.12 Значение $\left(\frac{1}{r}\right)_6$ определяются по формуле:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_6 = \frac{M_{ser}}{B_{f3}}, \qquad (7.42)$$

где M_{ser} - момент от постоянных и длительных нагрузок относительно оси, нормальной к плоскости действия момента и проходящей через центр тяжести приведенного сечения;

B_{f3} - определяется согласно п. 7.3.11.

7.3.13 Значение $\left(\frac{1}{r}\right)_7$ определяются по формуле:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_7 = \frac{M_{ser}}{B'_{f3}}, \qquad (7.43)$$

где M_{ser} - см. п. 7.3.12;

B'_{f3} - определяется по формуле:

$$B'_{f3} = 0{,}8B_{f3}, \qquad (7.44)$$

где B_{f3} - определяется по формуле (7.42).

Высоту сжатой зоны определяют по формуле:

$$x = h - \frac{S_b}{A_{red} + 0{,}5A_{ov}}, \qquad (7.45)$$

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 $\alpha_{sb} = \frac{E_s}{E_b}$, площадь фибровой арматуры, приведенной к бетону при $\alpha_{fb} = \frac{E_f}{E_b}$;

A_{ov} – площадь уширений растянутой зоны бетона.

8. КОНСТРУКТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

8.1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

8.1.1 Для обеспечения несущей способности, пригодности к нормальной эксплуатации и долговечности бетонных и железобетонных конструкций помимо требований, определяемых расчетом, следует выполнять конструктивные требования:

по геометрическим размерам элементов конструкций;

по армированию (содержанию и расположению арматуры, толщине защитного слоя бетона, анкеровке и соединениям арматуры);

по защите конструкций от неблагоприятных воздействий среды.

8.2 ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ РАЗМЕРЫ КОНСТРУКЦИЙ

8.2.1 Минимальные геометрические размеры сечений конструкций следует назначать такими чтобы обеспечивать:

возможность надлежащего размещения арматуры (расстояния между стержнями, защитный слой бетона и т.д.), ее анкеровки и совместной работы с бетоном;

достаточную жесткость конструкций;

необходимую огнестойкость, водонепроницаемость конструкций, тепло и звукоизоляцию, коррозионную стойкость, радиационную защиту и т.п.;

возможность качественного изготовления при бетонировании конструкций.

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

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

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

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

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

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

8.2.5 Радиус свободного погиба r свежеотформованного листа при изготовлении сталефибробетонных конструкций во избежание разрывов и сдвигов рекомендуется принимать не меньше $3t$ и $100d_{f,red}$. При специальных устройствах листогибочного поддона или последующем (повторном) вибрировании радиус погиба может быть принят меньшим по экспериментальным данным.

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

8.2.7 При проектировании конструкций из сталефибробетона 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:

$$A_{\min} \geq \frac{4d_{f,red}}{\mu_{fv}\kappa_{or}}. \qquad (8.1)$$

8.2.8 Размеры сечений внецентренно сжатых элементов для обеспечения их жесткости рекомендуется принимать такими, чтобы их гибкость $\frac{l_0}{i}$ в любом направлении не превышала:

для железобетонных элементов	200;
для колонн, являющихся элементами зданий	120;

для бетонных элементов 90.

8.2.9 В конструкциях зданий и сооружений следует предусматривать их разрезку постоянными и временными температурно-усадочными швами, расстояния между которыми назначают в зависимости от климатических условий, конструктивных особенностей сооружения, последовательности производства работ и т.п.

При неравномерной осадке фундаментов следует предусматривать разделение конструкций осадочными швами.

8.3 АРМИРОВАНИЕ

Защитный слой сталефибробетона

8.3.1 Арматура, расположенная внутри сечения конструкции, должна иметь защитный слой сталефибробетона чтобы обеспечивать:

совместную работу арматуры с бетоном;

анкеровку арматуры в сталефибробетоне и возможность устройства стыков арматурных элементов;

сохранность арматуры от воздействий окружающей среды (в том числе при наличии агрессивных воздействий);

огнестойкость и огнесохранность.

8.3.2 Толщину защитного слоя сталефибробетона назначают исходя из требований п. 8.3.1 с учетом типа конструкций, роли арматуры в конструкциях (продольная рабочая, поперечная, распределительная, конструктивная арматура), условий окружающей среды и диаметра арматуры.

Минимальные значения толщины слоя сталефибробетона рабочей арматуры следует принимать по табл. 8.1.

Таблица 8.1

Условия эксплуатации конструкций зданий	Толщина защитного слоя сталефибробетона, мм, не менее
1 В закрытых помещениях при нормальной и пониженной влажности	10
2 В закрытых помещениях при повышенной влажности (при отсутствии дополнительных защитных мероприятий)	15
3 На открытом воздухе (при отсутствии дополнительных защитных мероприятий)	25
4 В грунте (при отсутствии дополнительных защитных мероприятий), в фундаментах при наличии бетонной подготовки	35

8.3.3 Для сталефибробетонных конструкций без гидроизоляционного покрытия толщина защитного слоя бетона для напрягаемой арматуры в пределах длины зоны передачи напряжении l_p (см.п. 2.2.3.11 СП 52-102) должна приниматься не менее двух диаметров арматуры, но не менее 15 мм.

Во всех случаях толщину защитного слоя бетона следует принимать равную диаметру стержня арматуры, уменьшенному на 10 мм, но не менее указанных в табл. 8.1.

Толщину защитного слоя сталефибробетона следует принимать с учетом требований по технологии изготовления конструкций.

Минимальные расстояния между стержнями арматуры

8.3.4 Минимальные расстояния в свету между стержнями арматуры следует принимать такими, чтобы обеспечить совместную работу арматуры со сталефибро бетоном и качественное изготовление конструкций, связанное с укладкой и уплотнением бетонной смеси, но не менее наибольшего диаметра стержня, а также не менее:

25 мм – при горизонтальном или наклонном положении стержней при бетонировании – для нижней арматуры, расположенной в один или два ряда;

30 мм – то же, для верхней арматуры;

50 мм – то же, при расположении нижней арматуры более чем в два ряда (кроме стержней двух нижних рядов), а также при вертикальном положении стержней при бетонировании.

При стесненных условиях допускается располагать стержни группами – пучками (без зазора между ними). При этом расстояния в свету между пучками должны быть также не менее приведенного диаметра стержня, эквивалентного по площади сечения пучка арматуры, принимаемого равным:

$$d_{s,red} = \sqrt{\sum_{1}^{n} d_{si}^2}\,, \qquad (8.2)$$

где d_{si} - диаметр одного стержня в пучке;

n - число стержней в пучке.

Продольное армирование

8.3.5 Для несущих конструкций следует применять комбинированное армирование.

8.3.6 Коэффициент фибрового армирования по объему рекомендуется принимать в пределах $0{,}005 \le \mu_{fv} \le 0{,}018$ 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 0,022.

8.3.7 Минимальные значения коэффициента фибрового армирования рекомендуется принимать, соблюдая следующее условие:

$$\mu_{\min} = \frac{1{,}5CR_{bt}}{R_f k_{or}^2 \left(1 - \frac{30}{R_f} - \frac{\ell_{fan}}{\ell_f}\right)}, \qquad (8.3)$$

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

8.3.8 В сталефибробетонных элементах площадь сечения продольной растянутой арматуры, а также сжатой, если она требуется по расчету, в процентах от площади сечения сталефибробетона, равной произведению ширины прямоугольного сечения либо ширины ребра таврового (двутаврового) сечения на рабочую высоту сечения, $\mu_s = \frac{A_s}{bh_0} 100\%$ следует принимать не менее:

0,08% - в изгибаемых, внецентренно растянутых элементах и внецентренно сжатых элементах при гибкости $\frac{l_0}{i} \le 17$ (для прямоугольных сечений $\frac{l_0}{h} \le 5$);

0,20% - во внецентренно сжатых элементах при гибкости $\frac{l_0}{i} \ge 87$ (для прямоугольных сечений $\frac{l_0}{h} \ge 25$);

для промежуточных значений гибкости элементов значение μ_s определяют интерполяцией.

В элементах с продольной арматурой, расположенной равномерно по контуру сечения, а также в центрально растянутых элементах минимальную площадь сечения всей продольной арматуры следует принимать вдвое большей указанных выше значений и относить их к полной площади сечения сталефибробетона.

8.3.9 В сталефибробетонных конструкциях без комбинированного по расчету армирования следует предусматривать конструктивное стержневое армирование:

в местах резкого изменения формы и размеров сечения элементов;

в бетонных стенах под и над проемами;

во внецентренно сжатых элементах, рассчитываемых по прочности без учета работы растянутого сталефибробетона, у граней, где возникают растягивающие напряжения; при этом коэффициент армирования μ_S принимают не менее 0,025%.

8.3.10 В сталефибробетонных линейных конструкциях и плитах наибольшие расстояния между осями стержней продольной арматуры, обеспечивающие эффективное вовлечение в работу бетона, равномерное распределение напряжений и деформаций, а также ограничение ширины раскрытия трещин между стержнями арматуры, должны быть не более:

в сталефибробетонных балках и плитах:

200 мм - при высоте поперечного сечения $h \le 150$ мм;

1,5 h и 400 мм - при высоте поперечного сечения $h > 150$ мм;

в сталефибробетонных колоннах:

400 мм – в направлении, перпендикулярном плоскости изгиба;

500 мм – в направлении плоскости изгиба.

В сталефибробетонных стенах расстояния между стержнями вертикальной арматуры принимают не более $2t$ и 400 мм (t - толщина стены), а горизонтальной - не более 400 мм.

По согласованию с НИИЖБ возможно увеличение указанных расстояний с учетом интенсивности фибрового армирования.

8.3.11 В балках и ребрах шириной более 150 мм число продольных рабочих растянутых стержней в поперечном сечении должно быть не менее двух. При ширине элемента 150 мм и менее допускается устанавливать в поперечном сечении один продольный стержень.

8.3.12 В балках до опоры следует доводить стержни продольной рабочей арматуры с площадью сечения не менее 1/2 площади сечения стержней в пролете и не менее двух стержней.

В плитах до опоры следует доводить стержни продольной рабочей арматуры на 1 м ширины плиты с площадью сечения не менее 1/3 площади сечения стержней на 1 м ширины плиты в пролете.

Поперечное армирование

8.3.13 Поперечную арматуру следует устанавливатьв случае необходимости при комбинированном армировании, исходя из расчета на восприятие усилий, а также с целью ограничения развития трещин, удержания продольных стержней в проектном положении и закрепления их от бокового выпучивания в любом направлении.

Поперечную арматуру устанавливают при комбинированном армировании у всех поверхностей сталефибробетонных элементов, вблизи которых ставится продольная арматура.

8.3.14 Диаметр поперечной арматуры (хомутов) в вязаных каркасах внецентренно сжатых элементов рекомендуется принимать не менее 0,25 наибольшего диаметра продольной арматуры и не менее 6 мм.

Диаметр поперечной арматуры в вязаных каркасах изгибаемых элементов принимают не менее 6 мм.

В сварных каркасах диаметр поперечной арматуры принимают не менее диаметра, устанавливаемого из условия сварки с наибольшим диаметром продольной арматуры.

8.3.15 В сталефибробетонных элементах, в которых поперечная сила по расчету не может быть воспринята только фибробетоном, следует предусматривать установку поперечной арматуры с шагом не более $0{,}5h_0$ и не более 300 мм.По согласованию с НИИЖБ возможно увеличение шага поперечной арматуры.

В сплошных, а также в часторебристых плитах высотой менее 300 мм и в балках (ребрах) высотой менее 150 мм на участке элемента, где поперечная сила по расчету воспринимается только бетоном, поперечную арматуру можно не устанавливать.

В балках и ребрах высотой 150 мм и более, а также в часторебристых плитах высотой 300 мм и более на участках элемента, где поперечная сила по расчету воспринимается только бетоном, следует предусматривать установку поперечной арматуры с шагом не более $0{,}75h_0$ и не более 500 мм.

8.3.16 Во внецентренно сжатых линейных элементах, а также в изгибаемых элементах при наличии необходимой по расчету сжатой продольной арматуры с целью предотвращения выпучивания продольной арматуры следует устанавливать поперечную арматуру с шагом не более $15d$ и не более 500 мм (d - диаметр сжатой продольной арматуры).

Если площадь сечения сжатой продольной арматуры, устанавливаемой у одной из граней элемента, более 1,5% поперечную арматуру следует устанавливать с шагом не более $10d$ и не более 300 мм. По согласованию с НИИЖБ возможно увеличение указанных шагов арматуры.

8.3.17 Конструкция хомутов (поперечных стержней) во внецентренно сжатых линейных элементах должна быть такой, чтобы продольные стержни (по крайней мере через один) располагались в местах перегибов, а эти перегибы - на расстоянии не более 400 мм по ширине грани. При ширине грани не более 400 мм и числе продольных стержней у этой грани не более четырех допускается охват всех продольных стержней одним хомутом.

8.3.18 В элементах, на которые действуют крутящие моменты, поперечная арматура (хомуты) должна образовывать замкнутый контур.

8.3.19 Поперечную арматуру в плитах в зоне продавливания в направлении, перпендикулярном сторонам расчетного контура, устанавливают с шагом не более $1/3h_0$ и не более 300 мм. Стержни, ближайшие к контуру грузовой площади, располагают не ближе $h_0/3$ и не далее $h_0/2$ от этого контура. При этом ширина зоны постановки поперечной арматуры (от контура грузовой площади) должна быть не менее $1/5h_0$.

Расстояния между стержнями поперечной арматуры в направлении, параллельном сторонам расчетного контура, принимают не более 1/4 длины соответствующей стороны расчетного контура.

8.3.20 Расчетную поперечную арматуру в виде сеток косвенного армирования при местном сжатии (смятии) располагают в пределах расчетной площади $A_{fb,\max}$ (п. 6.5.2). При расположении грузовой площади у края элемента сетки косвенного армирования располагают по площади с размерами в каждом направлении не менее суммы двух взаимно перпендикулярных сторон грузовой площади (рис. 6.11).

По глубине сетки располагают:

при толщине элемента более удвоенного большего размера грузовой площади – в пределах удвоенного размера грузовой площади;

при толщине элемента менее удвоенного большего размера грузовой площади – в пределах толщины элемента.

8.3.21 При комбинированном армировании поперечная арматура, предусмотренная для восприятия поперечных сил и крутящих моментов, а также учитываемая при расчете на продавливание, должна иметь надежную анкеровку по концам путем приварки или охвата продольной арматуры, обеспечивающую равнопрочность соединений и поперечной арматуры.

Анкеровка арматуры без предварительного напряжения

8.3.22 Анкеровку арматуры осуществляют одним из следующих способов или их сочетанием:

в виде прямого окончания стержня (прямая анкеровка);

с загибом на конце стержня в виде крюка, отгиба (лапки) или петли;

с приваркой или установкой поперечных стержней;

с применением специальных анкерных устройств на конце стержня.

8.3.23 Прямую анкеровку и анкеровку с лапками допускается применять только для арматуры периодического профиля. Для растянутых гладких стержней следует предусматривать крюки, петли, приваренные поперечные стержни или специальные анкерные устройства.

Лапки, крюки и петли не рекомендуется применять для анкеровки сжатой арматуры, за исключением гладкой арматуры, которая может подвергаться растяжению при некоторых возможных сочетаниях нагрузки.

8.3.24 При расчете длины анкеровки арматуры следует учитывать способ анкеровки, класс арматуры и ее профиль, диаметр арматуры, прочность сталефибробетона и его напряженное состояние в зоне анкеровки, конструктивное решение элемента в зоне анкеровки (наличие поперечной арматуры, положение стержней в сечении элемента и др.).

8.3.25 Базовую (основную) длину анкеровки, необходимую для передачи усилия в арматуре с полным расчетным значением сопротивления R_s на сталефибробетон, определяют по формуле:

$$l_{0,an} = \frac{R_s A_s}{R_{bond} u_s}, \qquad (8.4)$$

где A_s и u_s – соответственно, площадь поперечного сечения анкеруемого стержня арматуры и периметр его сечения, определяемые по номинальному диаметру стержня;

R_{bond} – расчетное сопротивление сцепления арматуры со сталефибробетоном, принимаемое равномерно распределенным по длине анкеровки и определяемое по формуле:

$$R_{bond} = \eta_1 \eta_2 \eta_3 R_{fbt}, \qquad (8.5)$$

где R_{fbt} – расчетное сопротивление сталефибробетона осевому растяжению;

η_1 – коэффициент, учитывающий влияние вида поверхности арматуры, принимаемый равным:

1,5 – для гладкой арматуры;

1,8 – для холоднодеформированной арматуры периодического профиля;

2,5 – для горячекатаной и термомеханически обработанной арматуры периодического профиля;

η_2 – коэффициент, учитывающий влияние размера диаметра арматуры, принимаемый равным:

1,0 – при диаметре арматуры $d_s \le 32$ мм;

0,9 – при диаметре арматуры 36 и 40 мм.

η_3 - коэффициент, учитывающий влияние диаметра фибровой арматуры, принимаемой равным:

1,0 - при $d_{f,red} \le 0{,}5$ мм;

0,90- при 0,5 мм $\prec d_{f,red} \le 0{,}8$ мм;

0,80 – при $d_{f,red} \succ 0{,}8$ мм.

8.3.26 Требуемую расчетную длину анкеровки арматуры с учетом конструктивного решения элемента в зоне анкеровки определяют по формуле:

$$l_{an} = \alpha l_{o,an} \frac{A_{s,cal}}{A_{s,ef}}, \qquad (8.6)$$

где $l_{o,an}$ – базовая длина анкеровки, определяемая по формуле (8.4);

$A_{s,cal}$, $A_{s,ef}$ – площади поперечного сечения арматуры, соответственно, требуемая по расчету и фактически установленная;

α – коэффициент, учитывающий влияние на длину анкеровки напряженного состояния сталефибробетона и арматуры и конструктивного решения элемента в зоне анкеровки.

При анкеровке стержней периодического профиля с прямыми концами (прямая анкеровка) или гладкой арматуры с крюками или петлями без дополнительных анкерующих устройств для растянутых стержней принимают $\alpha = 1{,}0$, а для сжатых - $\alpha = 0{,}75$.

Допускается уменьшать длину анкеровки в зависимости от количества и диаметра поперечной арматуры, вида анкерующих устройств (приварка поперечной арматуры, загиб концов стержней периодического профиля) и величины поперечного обжатия сталефибробетона в зоне анкеровки (например, от опорной реакции), но не более чем на 30%.

В любом случае фактическую длину анкеровки принимают не менее $0{,}3 l_{o,an}$, а также не менее $15 d_s$ и 200 мм.

8.3.27 Усилие, воспринимаемое анкеруемым стержнем арматуры N_s определяют по формуле:

$$N_s = R_s A_s \frac{l_s}{l_{an}} \le R_s A_s, \qquad (8.7)$$

где l_{an} – длина анкеровки, определяемая согласно п. 8.3.26, принимая отношение $\frac{A_{s,cal}}{A_{s,ef}} = 1$;

l_s – расстояние от конца анкеруемого стержня до рассматриваемого поперечного сечения элемента.

8.3.28 На крайних свободных опорах элементов длина запуска растянутых стержней за внутреннюю грань свободной опоры при выполнении условий пп. 6.4.1-6.4.5 должна составлять не менее $5d_s$. Если указанное условие не соблюдается, длину запуска арматуры за грань опоры определяют согласно п. 8.3.26.

8.3.29 При устройстве на концах стержней специальных анкеров в виде пластин, шайб, гаек, уголков, высаженных головок и т.п. площадь контакта анкера со сталефибробетоном должна удовлетворять условию прочности сталефибробетона на смятие. Кроме того, при проектировании привариваемых анкерных деталей следует учитывать характеристики металла по свариваемости, а также способы и условия сварки.

Анкеровка предварительнонапряженной арматуры

8.3.30 Анкеровку напрягаемой арматуры осуществляют одним из следующих способов:

- в виде прямого окончания стержня (прямая анкеровка);
- с применением специальных анкерных устройств на конце стержня.

8.3.31. Базовую (основную) длину анкеровки напрягаемой арматуры, необходимую для передачи усилия в арматуре с полным расчетным значением сопротивления R_s на бетон, определяют по формуле:

$$l_{o,an} = \frac{R_s A_s}{R_{bond} u_s}, \qquad (8.8)$$

где A_s и u_s - соответственно площадь поперечного сечения анкеруемого стержня арматуры и периметр его сечения, определяемые по номинальному диаметру стержня;

R_{bond} - расчетное сопротивление сцепления арматуры с бетоном, принимаемое равномерно распределенным по длине анкеровки и определяемое по формуле:

$$R_{bond} = \eta R_{fbt}, \qquad (8.9)$$

где R_{fbt} - расчетное сопротивление сталефибробетона осевому растяжению;

η - коэффициент, учитывающий влияние вида поверхности арматуры, принимаемый равным:

1,7 – для холоднодеформированной арматуры периодического профиля класса B_p1500 диаметром 3 мм и арматурных канатов класса К1500 диаметром 6 мм;

1,8 - для холоднодеформированной арматуры класса B_p диаметром 4 мм и более;

2,2 - для арматурных канатов класса К диаметром 9 мм и более;

2,5 – для горячекатаной и термомеханически обработанной арматуры класса А.

8.3.32 Требуемую расчетную длину прямой анкеровки напрягаемой арматуры с учетом конструктивного решения элемента в зоне анкеровки определяют по формуле:

$$l_{an} = l_{0,an} \frac{A_{s,cal}}{A_{s,ef}}, \qquad (8.10)$$

но принимают не менее $15d_s$ и 200 мм.

В формуле (8.10):

$l_{0,an}$ - базовая длина анкеровки, определяемая по формуле (8.8);

$A_{s,cal}$, $A_{s,ef}$ - площади поперечного сечения арматуры соответственно, требуемая по расчету и фактически установленная.

Соединения арматуры

8.3.33 Для соединения арматуры принимают один из следующих типов стыков:

стыки внахлестку без сварки:

с прямыми концами стержней периодического профиля;

с прямыми концами стержней с приваркой или установкой на длине нахлестки поперечных стержней;

с загибами на концах (крюки, лапки, петли); при этом для гладких стержней применяют только крюки и петли.

сварные и механические стыковые соединения:

сваркой арматуры;

с применением специальных механических устройств (стыки с опрессованными муфтами, резьбовыми муфтами и др.).

8.3.34 Стыки арматуры внахлестку (без сварки) применяют при стыковании стержней с диаметром рабочей арматуры не более 40 мм.

На соединения арматуры внахлестку распространяются указания п. 8.3.23.

Стыки растянутой или сжатой арматуры должны иметь длину перепуска (нахлестки) не менее значения длины l_l, определяемого по формуле:

$$l_l = \alpha l_{o,an} \frac{A_{s,cal}}{A_{s,ef}}, \qquad (8.11)$$

где $l_{o,an}$ – базовая длина анкеровки, определяемая по формуле (8.8);

$A_{s,cal}$, $A_{s,ef}$ - см. п. 8.3.32;

α – коэффициент, учитывающий влияние напряженного состояния арматуры, конструктивного решения элемента в зоне соединения стержней, количества стыкуемой арматуры в одном сечении по отношению к общему количеству арматуры в этом сечении, расстояния между стыкуемыми стержнями.

При соединении арматуры периодического профиля с прямыми концами, а также гладких стержней с крюками или петлями без дополнительных анкерующих устройств коэффициент α для растянутой арматуры принимают равным 1,2, а для сжатой арматуры – 0,9. При этом должны быть соблюдены следующие условия:

относительное количество стыкуемой в одном расчетном сечении элемента рабочей растянутой арматуры периодического профиля должно быть не более 50%, гладкой арматуры (с крюками или петлями) – не более 25%;

усилие, воспринимаемое всей поперечной арматурой, поставленной в пределах стыка, должно быть не менее половины усилия, воспринимаемого стыкуемой в одном расчетном сечении элемента растянутой рабочей арматурой;

расстояние между стыкуемыми рабочими стержнями арматуры не должно превышать $4d_s$;

расстояние между соседними стыками внахлестку (по ширине железобетонного элемента) должно быть не менее $2d_s$ и не менее 30 мм.

В качестве одного расчетного сечения элемента, рассматриваемого для определения относительного количества стыкуемой арматуры в одном сечении, принимают участок элемента вдоль стыкуемой арматуры длиной $1{,}3l_l$. Считается, что стыки арматуры расположены в одном расчетном сечении если центры этих стыков находятся в пределах длины этого участка.

Допускается увеличивать относительное количество стыкуемой в одном расчетном сечении элемента рабочей растянутой арматуры до 100%, принимая значение коэффициента α равным 2,0. При относительном количестве стыкуемой в одном расчетном сечении арматуры периодического профиля более 50% и гладкой арматуры более 25% значения коэффициента α определяют по линейной интерполяции.

При наличии дополнительных анкерующих устройств на концах стыкуемых стержней (приварка поперечной арматуры, загиба концов стыкуемых стержней периодического профиля и др.) длина перепуска стыкуемых стержней может быть уменьшена, но не более чем на 30%.

В любом случае фактическая длина перепуска должна быть не менее $0{,}4\alpha l_{0,an}$, не менее $20d_s$ и не менее 250 мм.

8.3.35 При соединении арматуры с использованием сварки выбор типов сварного соединения и способов сварки производят с учетом условий эксплуатации конструкции, свариваемости стали и требований по технологии изготовления в соответствии с действующими нормативными документами (ГОСТ 14098).

8.3.36 При использовании для стыков арматуры механических устройств в виде муфт (муфты на резьбе, опрессованные муфты и т.д.) несущая способность муфтового соединения должна быть такой же, что и стыкуемых стержней (соответственно при растяжении или сжатии). Концы стыкуемых стержней следует заводить на требуемую длину в муфту, определяемую расчетом или опытным путем.

При использовании муфт на резьбе должна быть обеспечена требуемая затяжка муфт для ликвидации люфта в резьбе.

Гнутые стержни

8.3.37 При применении гнутой арматуры (отгибы, загибы концов стержней) минимальный диаметр загиба отдельного стержня должен быть таким, чтобы избежать разрушения или раскалывания сталефибробетона внутри загиба арматурного стержня и его разрушение в месте загиба.

Минимальный диаметр оправки d_{on} для арматуры принимают в зависимости от диаметра стержня d_s не менее:

для гладких стержней

$d_{on} = 2{,}5d_s$ при $d_s < 20$ мм;

$d_{on} = 4d_s$ при $d_s \geq 20$ мм;

для стержней периодического профиля

$d_{on} = 5d_s$ при $d_s < 20$ мм;

$d_{on} = 8d_s$ при $d_s \geq 20$ мм;

9. ТЕХНОЛОГИЯ СТАЛЕФИБРОБЕТОНА

9.1.ТРЕБОВАНИЯ К ПРИГОТОВЛЕНИЮ СТАЛЕФИБРОБЕТОННОЙ СМЕСИ

Технические требования к смеси

9.1.1. Качество сталефибробетонной смеси и материалов для ее приготовления должно удовлетворять требованиям ГОСТ 7473, настоящих РТМ и проектной документации на изделие, конструкцию или сооружение.

9.1.2. 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.

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

Пример условного обозначения сталефибробетонной смеси, готовой к употреблению из тяжелого бетона класса по прочности на сжатие В25, процентом фибрового армирования по объему – 0,7, марок по: морозостойкости F75, водонепроницаемости W6, удобоукладываемости (подвижности) П2: с фиброй марки ФЛА 50/0.7 -

СФБС ГТ В25 – 0,7 F75 W6 П2 ГОСТ 7473(ФЛА 50/0,8)

9.1.4. 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.

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

Требования к материалам

Вяжущие.

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

9.1.7. 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.

Заполнители

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

9.1.9.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.

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

Фибровая арматура

9.1.11.Фибра должна отвечать требованиям и характеристикам, указанным в ТУ 1221-002-95751815- 2009.

Химические добавки

9.1.12. 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.

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

9.1.13. 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.

9.1.14. 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.

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

Вода.

9.2.16. Вода для сталефибробетонных смесей должна соответствовать ГОСТ 23732.

Технология приготовления сталефибробетонной смеси.

9.1.17. 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.

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

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

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

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

9.1.22. 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 дозировочные 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.

9.1.23. Перед загрузкой отдозированных 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.

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

9.1.25. 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);

Равномерная подача фибры в смеситель с использованием специальных устройств – диспергаторов (см.п.17 Приложения Г);

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

9.1.26. 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 $м^3$ смеси объём рабочих замесов допускается не уменьшать.

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

9.1.28. 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.

9.1.29. 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 (или в диспергатор), с помощью которого обеспечивают непрерывную и равномерную подачу фибр в бетоносмеситель. Работу указанных устройств синхронизируют с работой бетоносмесителя и осуществляют с одного пульта управления.

9.1.30. 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.

Правила контроля.

9.1.31. Сталефибробетонные смеси должны быть приняты техническим контролем предприятия-изготовителя по показателям их качества, указанным в настоящих РТМ. Приемку смеси производят партиями. Составы (объем) партии устанавливают согласно положениям п.2.1 ГОСТ 18105.

9.1.32. 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.

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;
- периодические испытания – определение водонепроницаемости по ГОСТ 12730.5, водопоглощения по ГОСТ 12730.3, морозостойкости по ГОСТ 10060, истираемости по ГОСТ 13087 в случае необходимости.

9.1.33. 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.

9.1.34. Партия фибр должна сопровождаться документом о качестве, удостоверяющем соответствие фибр требованиям настоящих РТМ и технических условий на эту фибру, утвержденных в установленном порядке. В документе о качестве, оформляемом предприятием-изготовителем фибры, указывают данные по результатам всех видов контроля согласно ТУ 1221-002-95751815- 2009.

9.1.35. 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 фибр на производстве определяется соответствующим технологическим регламентом..

Поперечные размеры фибры измеряют микрометром, ее длину – масштабной линейкой.

Временное сопротивление фибр разрыву определяет производитель.

9.1.36. 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.

9.1.37. 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.

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

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

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

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

Значение коэффициента $К_р$ должно быть не менее 0,85.

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

- 2400 кг/м^3 в случае тяжелого бетона-матрицы;
- 2250 кг/м^3 в случае мелкозернистого бетона-матрицы.

9.1.42. Приемку партии сталефибробетонной смеси по прочности получаемого сталефибробетона с регистрацией результатов приемки в соответствующих журналах производят согласно требованиям ГОСТ 18105 и настоящих РТМ.

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

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

Методы контроля

9.1.45. Соответствие вида, качества и дозировки исходных материалов предъявляемым требованиям настоящих РТМ, карты производства и контроля качества проверяется в условиях производства и строительной площадки в соответствии с нормами.

9.1.46. Отбор проб сталефибробетонной смеси производят в соответствии с требованиями ГОСТ 10180, ГОСТ 10181, ГОСТ 18105.

При этом минимальный объём пробы V_{np} 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):

$$V_{np} \geq 2 \cdot 10^5 \cdot \frac{\ell_f \cdot d_f^2}{\mu_{fv}} \qquad (39)$$

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

$$\sqrt[3]{V_{np}} \geq 2{,}5 \cdot \ell_f . \qquad (40)$$

9.1.47. 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 (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:

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

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.

9.1.48. 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.

9.1.49. Для определения коэффициента расслаиваемости $К_р$ из смеси изготавливают куб со стороной ребра 15 см, удовлетворяющей условию (40) Уплотнение смеси осуществляют с учетом п.3.1.2 ГОСТ 10181. 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:

$$K_p = \frac{P_{общ.}}{2 \cdot P_{нижс}} \quad , \qquad (42)$$

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

9.1.50. 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 и ГОСТ 18105.

9.2. ПОДБОР СОСТАВА СТАЛЕФИБРОБЕТОНА

9.2.1. При подборе состава сталефибробетона (СФБ) с заданными свойствами следует учитывать особенности сталефибробетона как композита, а также сталефибробетонных смесей, обусловленные наличием дополнительного, по сравнению с традиционным бетоном, компонента – стальной фибры.

9.2.2. Необходимым условием подбора состава является обеспечение максимально плотной беспустотной структуры затвердевшего сталефибробетона, с учетом влияния удельной поверхности и агрегатного состояния фибры (размеры, форма и характер поверхности).

9.2.3. Подбор состава сталефибробетона производится на основе положений и по методике ГОСТ 27006 с учетом влияния вводимой стальной фибры на свойства сталефибробетонной смеси (в т.ч. реологические), а также свойства сталефибробетона.

9.2.4. Подбор состава сталефибробетонной смеси, как правило, рекомендуется выполнять в два этапа.

На первом этапе подбирается состав смеси для исходного бетона (матрицы) в первую очередь по его классу по прочности на сжатие и другим требуемым проектным показателям.

При подборе номинального состава сталефибробетона из тяжелого бетона-матрицы на первом этапе рекомендуется опытным путем определять относительную величину содержания крупного и мелкого заполнителя, исходя из условия обеспечения оптимальных соотношений, обеспечивающих однородность сталефибробетона, учитывая рекомендации Приложения В.

На втором этапе производится корректирование состава бетона-матрицы с учётом введения фибры и её влияния на соотношения компонентов смеси и её свойства. В результате корректирования определяется номинальный состав сталефибробетонной смеси.

9.2.5. При подборе состава сталефибробетона по технологическим свойствам следует в первую очередь учитывать, что введение стальной фибры снижает подвижность получаемой СФБ смеси по сравнению с исходной бетонной смесью.

Влияние фибры и повышение водопотребности СФБ смеси, определяется опытным путем.

Для получения сталефибробетона достаточно высокой удобоукладываемости рекомендуется соблюдать следующие положения при подборе его состава.

Содержание мелкого заполнителя крупностью до 3 мм рекомендуется в пределах 560-630 кг/м^3.

При расходе фибры не более 40 кг/м^3 состав исходного бетона-матрицы для сталефибробетона может приниматься практически идентичным составу традиционного тяжелого бетона.

9.2.6. Выбор оптимальных размеров фракций заполнителей, а также оптимального количественного соотношения содержания крупного и мелкого заполнителя в сталефибробетонной смеси устанавливается опытным путём руководствуясь указаниями п.п.6.2.4-6.2.8 настоящих РТМ.

9.2.7. Для получения однородной СФБ смеси и сталефибробетона оптимального по сочетанию свойств, следует применять химические добавки, а также комплексные модификаторы бетона, отвечающие требованиям ГОСТов, ТУ и других технических документов.

9.2.8. Подбор состава исходного бетона (матрицы) по прочности на сжатие следует производить, учитывая, что прочность сталефибробетона превышает прочность исходного бетона на 5-15% в зависимости от прочности исходного бетона, прочности и содержания фибры. Это превышение может быть предварительно спрогнозировано путём расчета по указаниям настоящих РТМ.

9.2.9. При подборе состава сталефибробетона, обеспечивающего заданную проектную прочность на осевое растяжение, его величина может быть предварительно спрогнозирована путем расчета R_{fbt} по указаниям настоящих РТМ и затем проверена опытным путем.

9.2.10. Рекомендуемые практические методики подбора состава сталефибробетона на основе исходного тяжелого или мелкозернистого бетона приведены в приложении В.

9.3. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СТАЛЕФИБРОБЕТОНА

9.3.1. Производственный контроль прочности сталефибробетона, как правило, следует осуществлять на предприятии-изготовителе сталефибробетонной смеси и на строительной площадке при возведении сталефибробетонных конструкций и сооружений.

9.3.2. Контролю подлежат следующие показатели сталефибробетона по прочности:

- на сжатие в проектном возрасте;
- на осевое растяжение в проектном возрасте;
- на растяжение при изгибе в проектном возрасте (по согласованию с «НИИЖБ»).

9.3.3. Контроль прочности сталефибробетона, а при обосновании и исходного бетона-матрицы, по контрольным образцам должен осуществляться в соответствии с методиками ГОСТ 18105 и ГОСТ 10180.

9.3.4. Прочность сталефибробетона на осевое растяжение по согласованию с «НИИЖБ» допускается определять (кроме образцов-призм) также на образцах пластинах-восьмёрках, облегчающих центрирование прилагаемой нагрузки при испытаниях.

9.3.5. Контрольные образцы для определения свойств сталефибробетона должны иметь размеры не менее:

кубы – 15х15х15 см;

призмы – 15х15х60 см;

9.3.6. Контроль прочности на сжатие сталефибробетона в возведенных конструкциях или сооружениях допускается производить механическими методами неразрушающего контроля согласно требованиям ГОСТ 18105 и ГОСТ 22690.

9.3.7. Исходный бетон-матрица подлежит контролю только по прочности на сжатие, если этот показатель указан в проекте.

9.3.8. На предприятии-изготовителе осуществляется контроль прочности сталефибробетона и исходного бетона-матрицы (см.п.6.3.7).

На строительной площадке при возведении конструкций и сооружений контролируется только подвижность СФБ смеси и прочность сталефибробетона.

9.3.9. Морозостойкость сталефибробетона определяется по методике ГОСТ 10060 на контрольных образцах размером не менее 10х10х10 см.

9.3.10. Водонепроницаемость сталефибробетона определяется по методике ГОСТ 12730.5.

9.3.11 Истираемость сталефибробетона определяется по ГОСТ 13087.

9.4. ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ СТАЛЕФИБРОБЕТОННОЙ СМЕСИ

9.4.1.Транспортирование сталефибробетонной смеси при монолитном строительстве необходимо осуществлять с соблюдением требований СНиП 3.03.01-87.

9.4.2.В целях получения сталефибробетона однородного состава, транспортирование смеси рекомендуется производить в автобетоносмесителях. При этом подвижность сталефибробетонной смеси на портландцементе с минеральными добавками и без них рекомендуется не менее 5 см осадки конуса, а смесей на напрягающем цементе – не менее 10-12 см.

9.4.3. В случае приготовления смеси в стационарных смесителях, транспортирование смеси производят автобетоновозами и автомобилями самосвалами. Кузова самосвалов должны быть водонепроницаемыми, иметь исправные затворы и приспособления для укрытия смеси от высыхания или увлажнения. После каждого рейса кузова должны промываться водой.

9.4.4. При температуре воздуха более 25^0С и в районах с сухим и жарким климатом транспортирование смеси следует производить в автобетоносмесителях; транспортирование в самосвалах разрешается производить только в ночное время.

9.4.5. Транспортирование автосамосвалами допускается только при техническом обосновании с соблюдением соответствующих требований.

9.5. УКЛАДКА И УПЛОТНЕНИЕ СТАЛЕФИБРОБЕТОННОЙ СМЕСИ

9.5.1.Формование сталефибробетонных и комбинированно армированных изделий, выбор технологических операций формования, технологического оборудования, его рабочих параметров и т.д. необходимо осуществлять в соответствии с указаниями СНиП 3.03.01-87, СНиП 3.09.01-85 и настоящих РТМ.

9.5.2. Формование изделий из сталефибробетонных смесей следует выполнять в соответствии с указаниями:

- монолитных – по СНиП 3.03.01-87;
- сборных – по СНиП 3.09.01-85.

9.5.3. Организация формовочных процессов и отдельных операций должна обеспечивать соответствие распределения фибры в изделии требованиям проекта.

9.5.4. Формовочные свойства сталефибробетонных смесей определяют в соответствии с ГОСТ 10181. По жесткости, подвижности и применяемому формовочному оборудованию сталефибробетонные смеси условно могут быть разделены на пять групп (табл.9).

Таблица 9

Рекомендуемое формовочное оборудование для сталефибробетонных смесей

Вид бетона	Марка по удобоукладываемости, ГОСТ 7473-94	Подвижность ОК, см	Жесткость смеси, с	Формовочное оборудование
Сборный	П1- П4	1-20	≤ 4	Прикрепляемые вибраторы, внутренние вибраторы
	Ж1	-	5 – 10	Обычное вибрационное
Монолитный	Ж2	-	11 – 20	Вибрационное с пригрузом
	Ж3	-	21 – 30	Вибрационное со значительным пригрузом, вибропрессование, силовой прокат
	Ж4	-	Более 31	Специальное оборудование, в том числе виброударная технология, оборудования для роликового формования

9.5.5.Технология производства работ должна обеспечить стабильную и качественную укладку сталефибробетонной смеси в изделия или в вертикальные и горизонтальные конструкции сооружений.

9.5.6.Укладку сталефибробетонной смеси следует производить в соответствии с требованиями п.2.8-2.14 СНиП 3.03.01-87 и настоящего раздела РТМ.

9.5.7. Виды и марки оборудования и механизмов, их производительность и режимы работы в процессе производства монолитных работ устанавливают при разработке ППР, с учетом требований настоящих РТМ, в зависимости от объемов и продолжительности укладки сталефибробетонной смеси при соответствующей их увязке со сроками возведения (или реконструкции) конструктивных элементов здания в целом.

9.5.8. Перед подачей и укладкой сталефибробетонной смеси проверяют качество выполнения арматурных и опалубочных работ.

9.5.9. Подачу сталефибробетонной смеси следует осуществлять техническими средствами, обеспечивающими сохранность свойств этой смеси.

9.5.10.Для подачи сталефибробетонной смеси к месту ее укладки следует применять, как правило, бетононасос с подающим трубопроводом. Допускается осуществлять подачу сталефибробетонной смеси к месту ее укладки бункерами, снабженными устройствами для вибропобуждения смеси, бадьями с нулевым уклоном стенок и другими средствами, обеспечивающими сохранение качества смеси и требования технологического регламента в процессе укладки этой смеси в конструкции.

9.5.11.Запрещается добавлять воду в сталефибробетонную смесь с целью увеличения ее подвижности на месте подачи и укладки в конструкцию.

9.5.12. При использовании бетононасоса стыки трубопроводов, обеспечивающих подачу сталефибробетонной смеси к месту ее укладки, должны быть качественно уплотнены и исключена возможность зацепления в них фибр с последующим образованием (как следствие при неуплотненном стыке) пробок смеси.

9.5.13. Внутренний диаметр подающих трубопроводов должен быть не менее чем в 2 раза больше длины фибр, используемых при приготовлении смеси, и не более 2/3 расстояния в свету между арматурными сетками в конструкции.

9.5.14.Подачу сталефибробетонной смеси к месту ее укладки следует осуществлять, как правило, с постоянной скоростью равномерно в направлении фронта укладки.

9.5.15.При укладке и уплотнении сталефибробетонной смеси следует обеспечить сохранение однородности распределения компонентов смеси в конструкции путем соблюдения:

ограничений высоты сбрасывания сталефибробетонной смеси;

установленных пределов времени уплотнения;

толщины уплотняемых слоев.

9.5.16.Сталефибробетонную смесь следует укладывать горизонтальными слоями одной толщины без разрывов с последовательным направлением укладки в одну сторону во всех слоях.

9.5.17.Высота свободного сбрасывания сталефибробетонной смеси в опалубку конструкций должна быть не более: для горизонтальных конструкций – 0,3 м, для вертикальных – 0,45 м.

9.5.18.Толщина укладываемых слоев сталефибробетонной смеси должна быть: для горизонтальных ограждений – на всю высоту сечения конструкций; для вертикальных – не более чем толщина возводимого ограждения.

9.5.19.Для разравнивания и уплотнения уложенной сталефибробетонной смеси следует использовать стандартные виброрейки, виброкатки, поверхностные (площадочные) и глубинные вибраторы.

9.5.20.Время вибрирования устанавливают при отработке технологии производства работ с учетом определенных параметров подвижности сталефибробетонной смеси отдельно для горизонтальных и вертикальных конструкций. Во всех случаях вибрирование не должно превышать интервала времени, при котором возможно расслоение смеси.

9.5.21.При уплотнении сталефибробетонной смеси глубинным вибратором (вибробулавой, виброиглой диаметром, обеспечивающим их проход между арматурой) необходимо обеспечить его погружение в ранее уложенный слой (до момента начала схватывания смеси в этом слое) на глубину 3-5 см.

9.5.22. Шаг перестановки глубинного вибратора не должен превышать полуторного радиуса его действия. При использовании поверхностного вибратора шаг его перестановки должен обеспечивать перекрытие его площадкой на 100 мм уже провибрированного участка.

9.5.23.При укладке сталефибробетонной смеси в горизонтальные конструкции перекрытий карта рабочего бетонирования должна ограничиваться несущими балками перекрытия (на участке между осями колонн). В пределах указанной карты укладку сталефибробетонной смеси следует осуществлять непрерывно без рабочих швов бетонирования.

9.5.24.При укладке сталефибробетонной смеси в вертикальные конструкции ограждений (стены) рабочие швы бетонирования должны выполняться по осям колонн (в случае примыкания ограждения к колоннам) и на уровне перекрытия помещения. В этом случае бетонирование следует осуществлять непрерывно в пределах рабочих карт бетонирования, ограниченных осями колонн и перекрытием (на всю высоту этажа помещения). Места расположения рабочих швов должны согласовываться с проектной организацией.

9.5.25.В случаях, не предусмотренных пп.6.3.23 и 6.3.24 (при отсутствии колонн и балок), места расположения рабочих швов бетонирования (карт бетонирования) устанавливаются ППР и согласовываются с проектной организацией.

9.5.26.Поверхности рабочих швов, выполняемых при укладке сталефибробетонной смеси с перерывами при бетонировании, должны располагаться под углом 45^0 к поверхности ограждения.

9.5.27.Возобновление работ по укладке сталефибробетонной смеси в местах расположения рабочих швов допускается осуществлять при достижении сталефибробетоном в месте шва бетонирования прочности не менее 1,5 МПа. При этом поверхность шва должна быть очищена от цементной пленки металлическими щетками или струей воздуха.

9.5.28.Операционный контроль качества бетонных работ (подача сталефибробетонной смеси к месту ее укладки, укладка и уплотнение смеси, устройство швов бетонирования) следует производить согласно указаниям пп.2.8-2.14 СНиП 3.03.01-87 и настоящих РТМ. Результаты контроля заносят ежесменно в журнал производства работ.

9.5.29.Выдерживание и уход за уложенным сталефибробетоном следует осуществлять согласно требованиям пп.2.15-2.17 СНиП 3.03.01-87.

Приложение А.

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, рубленные из проволоки в агрегатном состоянии по ТУ 1221-002-95751815-2009.

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.

Приложение Б.

ОСНОВНЫЕ БУКВЕННЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

R_b, R_{bt} - расчетное сопротивление бетона соответственно осевому сжатию и растяжению, принимаемое по СНиП 2.03.01-84*;

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.

Приложение В.

МЕТОДИКА ПОДБОРА СОСТАВА СТАЛЕФИБРОБЕТОНА БЕЗ ХИМИЧЕСКИХ ДОБАВОК

1.Методика подбора номинального состава сталефибробетона на исходном мелкозернистом бетоне-матрице.

1.1. Водоцементное отношение (В/Ц), необходимое для получения средней прочности заданного класса бетона (R_b) определяется по указаниям раздела 9 «Рекомендаций по подбору составов тяжелых и мелкозернистых бетонов (к ГОСТ 27006)».

1.2. По графику на рис.1 в зависимости от заданной удобоукладываемости и В/Ц сталефибробетонной смеси, параметров армирования и размеров фибры определяют необходимую жесткость исходной бетонной смеси.

Затем для нее находят цементно-песчаное отношение при рассчитанном В/Ц.

1.3. По методике ГОСТ 8735 определяются характеристики песка: модуль крупности ($M_{кр}$), плотность (ρ_n); пустотность (α_n); удельная поверхность (S_n).

1.4. Дисперсная арматура при введении её в бетонную смесь влияет на пустотность и суммарную удельную поверхность компонентов смеси, как дополнительный заполнитель. При этом изменяется объем цементного теста, по сравнению с исходным бетоном, необходимый для формирования оптимальной структуры сталефибробетона.

В расчете на 1 кг заполнителей, требуемый объем цементного теста

вычисляют по формуле

$$V_{цт} = K_n \cdot \frac{\alpha_n}{\rho_n} + (S_n + S_f) \cdot f \ , \qquad (1)$$

где K_n – коэффициент, учитывающий изменение пустотности песка при введении дисперсной арматуры; S_f – удельная поверхность дисперсной арматуры, определяемая по формуле:

$$S_f = \frac{U \cdot \mu_{fm} (\ell_f + \frac{d_f}{2})}{100 \cdot \ell_f \cdot d_f \cdot \rho_f} \ , \qquad (2)$$

где μ_{fm} – процент фибрового армирования по массе; l_f ; d_f; ρ_f - соответственно длина, диаметр и плотность стальной фибры.

f - толщина пленки цементного теста на поверхности заполнителей, определяемая по графику на рис.2 в зависимости от рассчитанного В/Ц и Ц/П для исходного мелкозернистого бетона.

1.5. Цементно-песчаное отношение, откорректированное с учетом введения дисперсной арматуры, определяют по формуле

$$Ц : П = 1 : \frac{1 + В/Ц}{V_{Ц.Т} \cdot \rho_{ЦТ}} \ , \qquad (3)$$

где $V_{цт}$ – объём цементного теста;

$\rho_{ц.т}$ - плотность цементного теста, г.

1.6. Расход материалов в кг. на 1 м^3 номинального состава сталефибробетона рассчитывают последовательно по следующим формулам :

$$П = \frac{\rho_n}{1 + V_{ЦТ} \cdot \rho_n} \quad ; \qquad (4)$$

$$Ц = П \,.\, (Ц : П); \qquad (5)$$

$$В = Ц \,.\, В/Ц \; ; \qquad (6)$$

$$Ф = \mu_{fm} \,(Ц + П) \,. \qquad (7)$$

1.7. На пробных замесах определяют удобоукладываемость номинальной рассчитанной сталефибробетонной смеси и ее соответствие требуемой. При необходимости вносят соответствующие поправки.

2. Методика подбора номинального состава сталефибробетона на исходном тяжелом бетоне-матрице

2.1. Определяют требуемые характеристики мелкого и крупного заполнителей, а также фактическую (или устанавливают предполагаемую) активность цемента.

2.2. Определяется водоцементное отношение (В/Ц) для получения средней прочности заданного класса бетона по прочности на сжатие по формуле:

$$В/Ц = \frac{A_1 \cdot R_ц}{R_б + A_1 \cdot R_ц \cdot 0{,}5} \qquad (8)$$

где: A_1 – 0,65 – для высококачественных материалов;
0,6 - для рядовых материалов;
$R_б$ – проектная прочность бетона при сжатии, кг/см^2;
$R_ц$ – активность (марка) цемента, кг/см^2.

2.3. По графикам, приведенным на рис.3 определяется расход воды «В» на 1 м^3 смеси в зависимости от заданной подвижности сталефибробетонной смеси (на графиках: «ОК» – осадка конуса в см., «Ж» - жесткость в сек.).

2.4. Определяется расход цемента на 1 м^3 смеси по формуле:

$$Ц = В : \frac{В}{Ц} \text{ , кг.} \qquad (9)$$

2.5. Определяется требуемое количество щебня на 1 м^3 смеси по формуле:

$$Щ \le \frac{1000 \cdot d_f \cdot C}{\mu_{fm} \cdot \ell_f}, \qquad (10)$$

где: C – средний расход щебня в тяжелом исходном бетоне, условно принимаемый равным 1200 кг на 1 м^3 смеси.

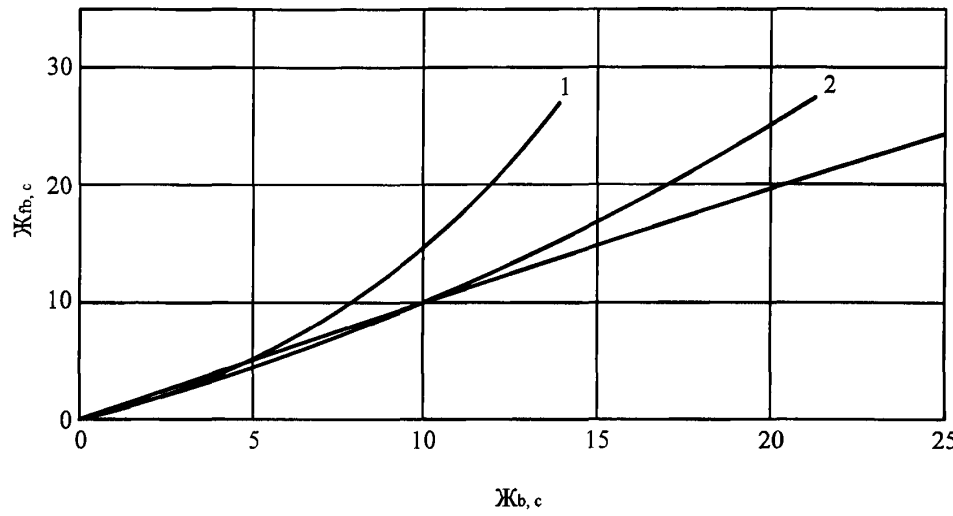
2.6. Определяется требуемое количество песка, в кг на 1 м^3 смеси по формуле:

$$П = 1000 - (\frac{Ц}{\rho_ц} + В\frac{Щ}{\rho_щ} + 10\mu_{f_v}) \cdot \rho_n \qquad (11)$$

где: $\rho_ц$, $\rho_щ$, ρ_n – соответственно плотности цемента, щебня и песка;
$\mu_{f,v}$ – процент фибрового армирования по объему.

2.7. В дополнительных замесах определяют характеристики номинальной расчетной сталефибробетонной смеси с определенной удобоукладываемостью и при необходимости вносятся соответствующие поправки.

а)



б)

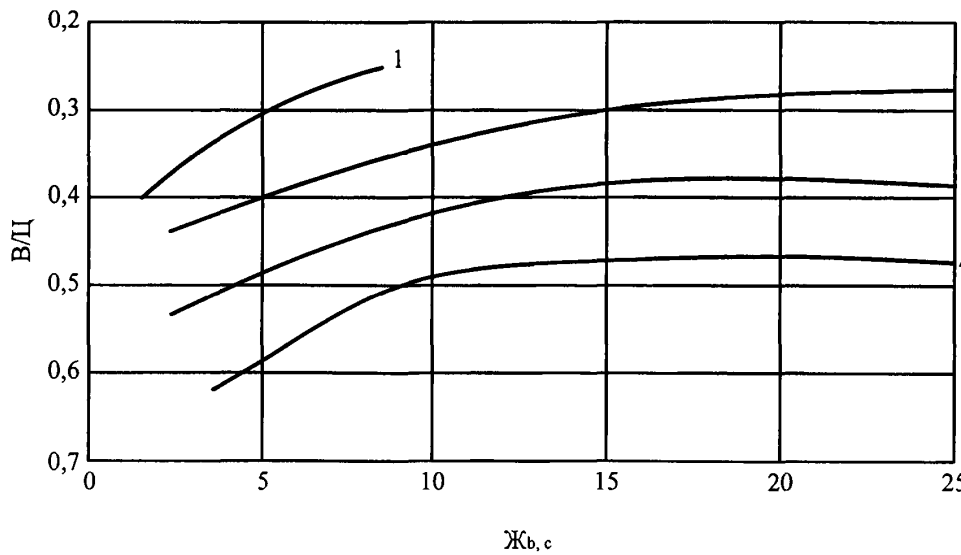


Рис.1. Графики для подбора отношения Ц:П, обеспечивающего требуемую жесткость сталефибробетонной смеси в зависимости:
а – от жесткости исходного бетона при μ_{fv} : 1-1%; 2-1,5%; 3-2,5%.
б – цементно-песчаного отношения Ц:П от жесткости исходного бетона $Ж_в$ и водоцементного отношения Ц:П равного: 1-1:1; 2-1:2; 3-1:3; 4-1:4.

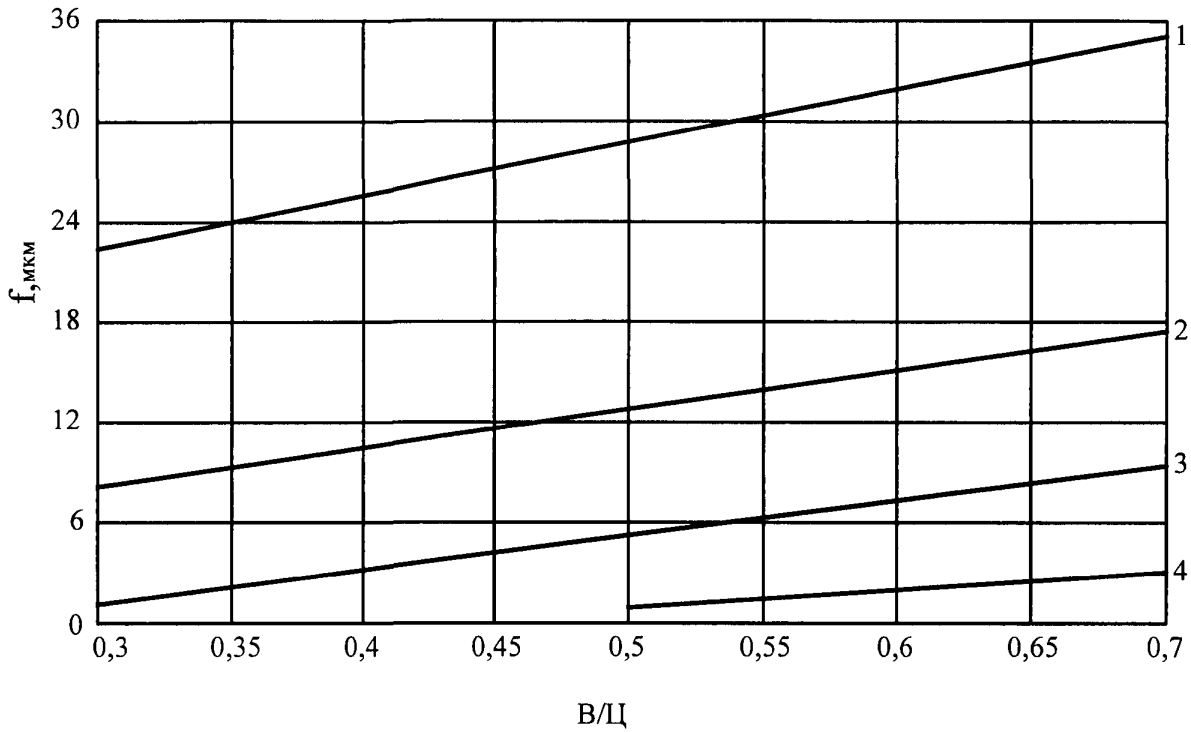


Рис.2. Графики для определения оптимальной толщины плёнки цементного теста на поверхности заполнителей исходного бетона-матрицы при цементно-песчаном отношении: 1 – 1:2; 2 – 1:3; 3 – 1:4; 4 – 1:5.

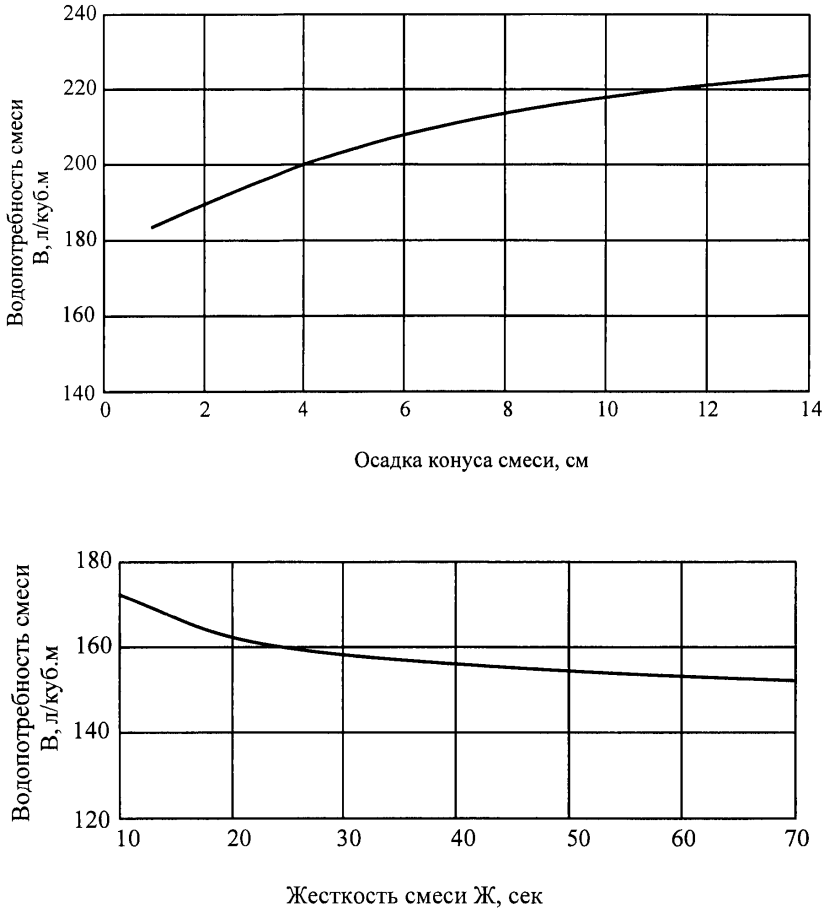


Рис. 3 График водопотребности пластичной (а) и жесткой (б) бетонной

Таблица 1.В.

Рекомендуемые ориентировочные номинальные составы сталефибробетона для конструкций различного назначения

№ п/п	Конструкции или сооружения	Класс бетона по прочности на сжатие R_{fb} МПа	Содержание компонентов сталефибробетона в кг/м³											Прочность на растяжение при изгибе R_{fbt}, МПа
			Цемент М кг	Песок $M_к$ кг	Щебень фракции <18	Щебень фракции <16	Щебень фракции <20	Щебень фракции <32*	Всего заполнителей	Пластификатор	Поризующая добавка*	Вода, лит. В/Ц	Фибра, кг/м³	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Индустриальные полы, жилые здания	B35 45,8	PZ42,5 360	0-2 660	0-8 295	8-16 433	-	16-32 435	1817	FK99 0,7	LP 0,3	172 0,48	40	5,84
2	Дорожные покрытия	B45 58,9	PZ350 350		0,45 50% - 16/45 дробленый				1840	-	-	140 0,4	60	6,92
3	Аэродромные покрытия	B50 65,5	PZ350 340	0-2 560	2-32 520	8-16 220		16-32 560	1860		0,04	136 0,4	60	8,64
4	Подземные тоннели, торкретирование	B35 42,0	PZ35 380-420 в т.ч. зола-унос			0-16	-	-	1850	—— 2,0		190-210 0,5	40	8,61
5	Промышленные полы	B22,5 28,0	PZ27,5 300	-	0,32 1960		-	-	1960	—— 1,0		150 0,5	30	5,70
6	Дорожное покрытие	B35 46,1	PZ45 350	0-2 817	2-8 661	8-16 231 8-16 235 тонкие лещадки	-	-	1944			160 0,46	60	7,30
7	Ограждения банковских хранилищ	B45 61,8 B45 62,4	M600 550	0-2 940	5-20 750				1690	C-3 3,0		170 0,31	100 120	7,6 8,1

* - в % от содержания цемента

Приложение Г.

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-0промышленных 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 – Ш, 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.
17.
18.

Приложение Д.

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. ВНИИНТПИ, 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.

Приложение Е.

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
Малоэтажные жилые здания	Обогревательные элементы
Каркас и элементы зданий	Элементы пространственных покрытий и сооружений
	Уличная фурнитура

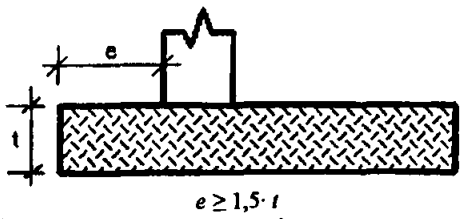
Приложение Ж.

ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТАЛЕФИБРОБЕТОНА В ЖИЛИЩНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Опорная плита в подвале

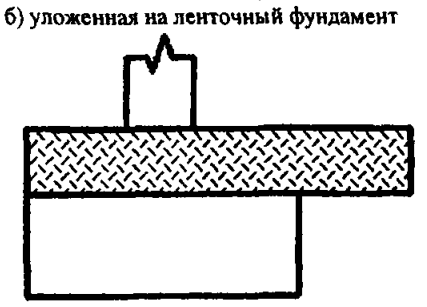
Тип 1 Армирование стальной фиброй

а) опорная плита фундамента

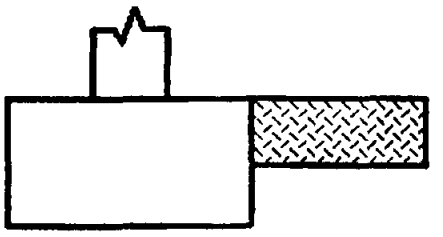


$e \geq 1{,}5 \cdot t$

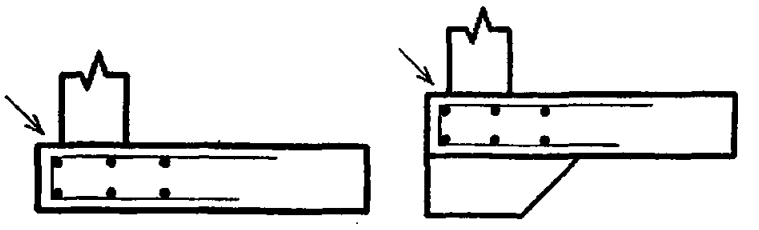
б) уложенная на ленточный фундамент



в) уложенная между ленточными фундаментами



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



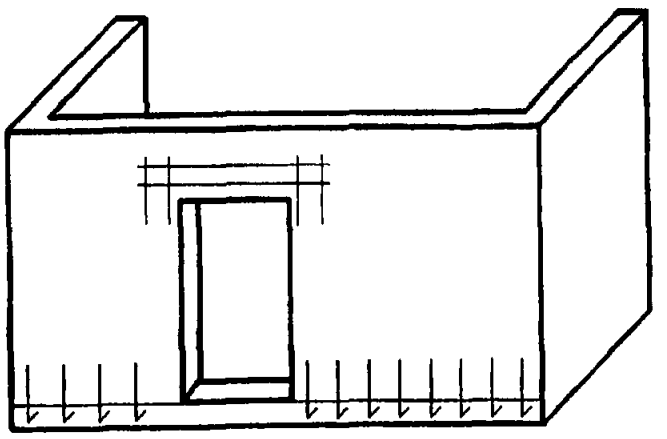
Сравнительное содержание стальной фибровой арматуры по отношению к арматуре в виде 2-х сеток.

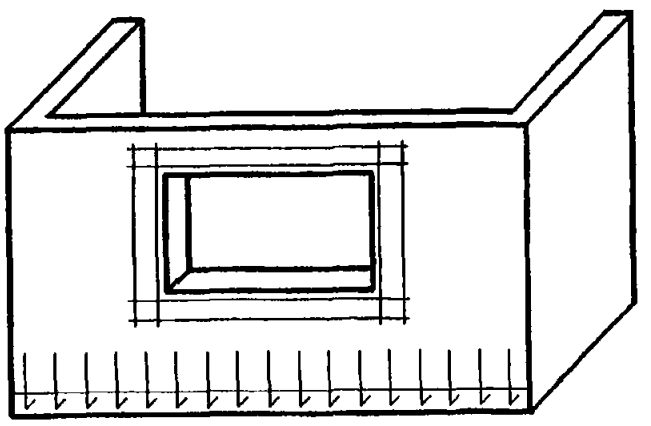
Содержание стальной фибры при сооружении фундаментных плит в жилье из бетона класса прочности В25.

Толщ. см	2xQ131	2xQ188	2xQ221	2xQ257	2xQ377
	Расход фибры на 1 м3 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

Стены подвала

Армирование вокруг окон и дверей





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 м3 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.

ОКП 122172 Группа В72

УТВЕРЖДАЮ
Т.о. Генерального директора
ООО «Промметиз Русь»
_____Г.С.Донченко
«___»_____2009г.

ФИБРА ИЗ ТОНКОЙ СТАЛЬНОЙ ПРОВОЛОКИ

Технические условия
ТУ 1221-002-95751815- 2009

Срок действия
с « 01» марта 2009г.

РАЗРАБОТАНЫ:
НИИЖБ (филиал ФГУП
«НИЦ «Строительство»)
Зав.лабораторией конструкций
из дисперсно армированного бетона
_____В.В.Волков

ООО «Промметиз Русь»
Исполнительный директор
_____В.Н.Никифоров

Москва, 2009г.

Настоящие технические условия (далее ТУ) распространяются на стальную фибру из тонкой стальной низкоуглеродистой проволоки.

Фибра предназначена для дисперсного армирования бетонов и растворов, используемых при производстве сталефибробетонных строительных конструкций.

1.ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

1.1. Стальная фибра, соответствующая настоящим ТУ, изготавливается путём переработки тонкой стальной проволоки в соответствии с технологическим регламентом (процессом), принятым и утвержденным в установленном порядке на предприятии-изготовителе ООО «Промметиз Русь».

1.2.Фибра представляет собой отрезки тонкой стальной низкоуглеродистой проволоки, которым в технологическом процессе придана требуемая форма и размеры в соответствии с типоразмером по настоящим ТУ.

1.3. Фибра изготавливается диаметром от 0,5 мм до 1,6 мм и длиной от 20 мм до 72 мм. с различным сочетанием размеров и формы, приведенными в ТУ.

1.4.Фибра изготавливается из:

- проволоки стальной низкоуглеродистой по ГОСТ 3282;
- проката сортового из углеродистой стали по ГОСТ 1050;
- проката из качественной конструкционной углеродистой и легированной стали по ГОСТ 10702.

Допускается применение проката из других марок сталей, не ухудшающих показатели качества готовой продукции.

1.5. Фибра должна иметь:

Временное сопротивление разрыву не менее:

850 МПа - для фибры диаметром $d_f \leq 0{,}8$ мм;

720 МПа - для фибры диаметром $0{,}8 \text{ мм} < d_f \leq 1{,}2$ мм;

690 МПа - для фибры диаметром $1{,}2 \text{ мм} < d_f \leq 1{,}6$мм.

Модуль упругости (справочно) не менее $1{,}9 \times 10^5$ МПа.

1.6. По конструктивному агрегатному состоянию фибра изготавливается следующих типов.

1.6.1. Изготавливается фибра следующих типов (с условным обозначением):

линейная без профиля с гладкой поверхностью (ФЛГ);

линейная с односторонним профилированием поверхности (ФЛП);

линейная с анкерами (отгибами) на концевых участках (ФЛА);

волновая зигзагообразная (ФВ).

1.6.2. Фибра может изготавливаться с цинковым покрытием (Ц) или без него.

1.7. Фибра различных типов и размеров индексируется соответствующей маркой, указывающей основные характеристики фибры.

Марка фибры имеет условное обозначение по следующему примеру.

Фибра линейная с анкерами типа «ФЛА» длиной 50 мм и диаметром 0,8 мм без цинкового покрытия- ФЛА 50/0,8

Фибра линейная профилированная с цинковым покрытием длиной 30 мм и диаметром 0,5 мм- ФЛПЦ 30/0,5

1.8. Фибра выпускается следующих размеров и формы (типоразмеров):

1.8.1 Фибра линейная с концевыми анкерами (ФЛА) должна соответствовать форме и размерам, указанным на рис.1 и в таблице 1.

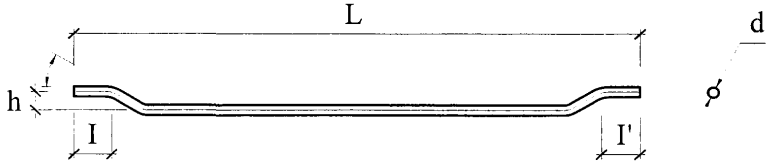


Рис.1 Форма и размеры фибры типа «ФЛА»

Таблица 1 Размеры фибры типа «ФЛА»

Диаметр проволоки, d, мм	Длина, L, мм	Длина прямой зоны, $L_п$ мм	Длина анкера, l_a, мм	Высота анкера, h_a, мм
1	2	3	4	5
0,5	30,0±3,0	20,0±1,0	5,0±1,0	2,2±0,4
0,56	30,0±3,0	20,0±1,0	5,0±1,0	2,2±0,4
0,6	30,0±3,0	20,0±1,0	5,0±1,0	2,2±0,4
0,63	30,0±3,0	20,0±1,0	5,0±1,0	2,2±0,4
0,7	30,0±3,0	20,0±1,0	5,0±1,0	2,2±0,4
0,8	30,0±3,0	20,0±1,0	5,0±1,0	2,2±0,4
0,8	50,0±5,0	40,0±2,0	5,0±1,0	2,5±0,4
0,8	60,0±5,0	50,0±2,0	5,0±1,0	2,5±0,4
0,9	50,0±5,0	40,0±2,0	5,0±1,0	2,5±0,4
1,0	50,0±5,0	40,0±2,0	5,0±1,0	2,5±0,4
1,0	60,0±5,0	50,0±2,0	5,0±1,0	2,5±0,4

1.8.2. Фибра волновая типа «ФВ» должна соответствовать форме и размерам, указанным на рис.2 и в таблице 2.

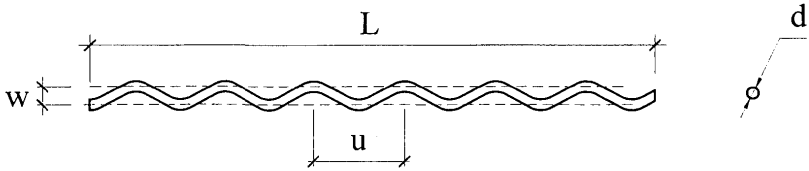


Рис.2 Форма и размеры фибры типа «ФВ»

Таблица 2 Размеры фибры типа «ФВ»

Длина фибры*), L, мм	Диаметр проволоки, d, мм	Длина волны, u, мм	Высота волны, W, мм
1	2	3	4
От 25,0 до 40,0 ± 4,0	0,6±0,05	8±1,0	$2,0^{+1,0}_{-0,5}$
От 25,0 до 40,0 ± 4,0	0,63±0,05	8±1,0	$2,0^{+1,0}_{-0,5}$
От 30,0 до 40,0 ± 4,0	0,7±0,05	8±1,0	$2,0^{+1,0}_{-0,5}$
От 30,0 до 50,0 ± 5,0	0,8±0,05	10,0±1,0	$2,5^{+1,0}_{-0,5}$
От 30,0 до 50,0 ± 5,0	0,9±0,05	10,0±1,0	$2,5^{+1,0}_{-0,5}$
От 30,0 до 50,0 ± 5,0	1,0±0,05	10,0±1,0	$2,5^{+1,0}_{-0,5}$
От 30,0 до 50,0 ± 5,0	1,1±0,05	10,0±1,0	$2,5^{+1,0}_{-0,5}$
От 30,0 до 50,0 ± 5,0	1,2±0,05	10,0±1,0	$2,5^{+1,0}_{-0,5}$
От 40,0 до 50,0 ± 5,0	1,3±0,05	10,0±1,0	$2,5^{+1,0}_{-0,5}$
От 40,0 до 50,0 ± 5,0	1,4±0,05	10,0±1,0	$2,5^{+1,0}_{-0,5}$
От 30,0 до 50,0 ± 5,0	1,5±0,05	10,0±1,0	$2,5^{+1,0}_{-0,5}$
От 40,0 до 60,0 ± 5,0	1,6±0,05	10,0±1,0	$2,5^{+1,0}_{-0,5}$

*)Примечание. Фибра имеет длину в указанных пределах с шагом 5 мм.

1.8.3.Фибра линейная без профиля с гладкой поверхностью типа «ФЛГ» представляет собой прямые отрезки стальной проволоки без вмятин на поверхности и должна иметь размеры длины, аналогичные приведенным в таблице 1 п.1.8.1.

1.8.4. Фибра линейная с односторонней профилированной поверхностью типа «ФЛП» представляет собой прямолинейные отрезки стальной проволоки, с одной стороны которой выполнен профиль, путем организации вмятин глубиной размером 0,1-0.2 от номинального диаметра фибры.

Размеры длины фибры должны аналогично соответствовать указанным в таблице 1 п.1.8.1.

1.9. На поверхности фибр не должно быть смазки, загрязнения или ржавчины.

1.10.Поверхностные дефекты (риски, царапины) не являются браковочными признаками.

1.11. Фибра должна выдерживать не мене двух загибов на 90^0 вокруг стальной оправки диаметром 3 мм.

2. ПРИЁМКА

2.1. Фибру принимают партиями. Партия должна состоять из фибры одной марки, изготовленной из исходного материала одного класса прочности. Объем партии устанавливает предприятие-изготовитель.

2.2. Для наружного осмотра, обмера геометрических параметров фибры и проверки её механических свойств от каждых 10 упаковок должны быть отобраны не менее 20 фибр.

2.3. При получении неудовлетворительных результатов контроля хотя бы по одному из показателей проводят повторную проверку на удвоенной выборке из той же партии, взятых из числа фибр, не проходивших контроль.

Результаты повторной проверки распространяются на всю партию и являются окончательными.

2.4. Партия фибры должна сопровождаться документом о качестве, удостоверяющим соответствие фибры требованиям настоящих ТУ и содержащем:

- товарный знак или наименование и товарный знак предприятия-изготовителя;
- условное обозначение фибры;
- номер партии и массу фибры нетто;
- результаты проведенных испытаний;
- клеймо ОТК.

3. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ

3.1. Контролируемые по п.1.5 настоящих ТУ характеристики фибры определяют как среднеарифметические по результатам контрольных испытаний 20 образцов фибры.

Допускается контролировать временное сопротивление разрыву фибры по испытаниям 20 образцов исходной проволоки, используемой в процессе производства партии фибры.

3.2. Контроль поверхности фибр проводится визуально без применения увеличительных приборов.

3.3. Длину фибры определяют масштабной линейкой по ГОСТ 427 с точностью до 0,5 мм.

3.4. Диаметр фибры определяют микрометром МК О-25 по ГОСТ 6507 с ценой деления 0,01 мм.

3.5. Временное сопротивление разрыву фибр или исходной проволоки определяют по ГОСТ 10446 на разрывной машине, обеспечивающей точность измерения до 1%.

3.6. Испытания фибр на загиб проводят по ГОСТ 1579 . Контролируемые по п.1.11 настоящих ТУ характеристики фибры определяют как среднеарифметическое по результатам контрольных испытаний 20 образцов фибры.

Допускается контролировать число загибов фибры по испытаниям 20 образцов исходной проволоки, используемой в процессе производства партии фибры.

3.7. Шаг впадин и выступов у фибр не контролируется, а является справочным для конструирования и изготовления технологического инструмента.

4. УПАКОВКА И МАРКИРОВКА

4.1. Фибру упаковывают в коробки из жесткого или гофрированного картона по ГОСТ 9142 или плотные бумажные мешки по ГОСТ 2226. Допускаются другие способы упаковки, обеспечивающие сохранность фибры от влаги и механических повреждений при транспортировании и хранении.

Фибры укладываются в коробке россыпью или ориентированно в одном направлении.

4.2. Количество фибры в одной упаковке должно быть не более 25 кг.

4.3.Коробки с фиброй устанавливаются в паллеты. Паллеты оборачиваются стрейч-пленкой и устанавливаются на поддоны. Паллеты укладываются на поддоны в штабеля высотой не более 6 рядов.

4.4. Маркировка выполняется нанесением соответствующей печати на коробках. Маркировка должна быть четкой и легко читаемой, содержать информацию о предприятии-изготовителе, времени изготовления (год), номере партии, марке фибры, массе нетто. Каждая коробка должна иметь клеймо ОТК или клеймо самоконтроля упаковщика (мастера). Способ маркировки устанавливает изготовитель. Допускается нанесение других надписей, рисунков и т.п. по согласованию с потребителем.

5 . ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ И ХРАНЕНИЕ

5.1.Условия транспортирования фибры в упаковке должны соответствовать условиям хранения 2 по ГОСТ 15150.

5.2.Транспортирование фибры в упаковке допускается всеми видами закрытого транспорта или под водонепроницаемым покрытием.

5.3. Условия хранения должны соответствовать группе Л по ГОСТ 15150.

Приложение А
(справочное)

Перечень документов,
на которые даны ссылки в настоящих технических условиях

Обозначение документа	Наименование документа
ГОСТ 1050-88	Прокат сортовой, калиброванный, со специальной отделкой поверхности из углеродистой качественной конструкционной стали. Общие технические условия.
ГОСТ 2226-88	Мешки бумажные. Технические условия.
ГОСТ 3282-74	Проволока стальная низкоуглеродистая общего назначения. Технические условия.
ГОСТ 9142-90	Ящики из гофрированного картона. Общие технические условия.
ГОСТ 10446-80	Проволока. Метод испытания на растяжение.
ГОСТ 10702-78	Прокат из качественной конструкционной углеродистой и легированной стали для холодного выдавливания и высадки. Технические условия.
ГОСТ 14192-96	Маркировка грузов.
ГОСТ 15150-69	Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды.
ГОСТ 6507-90	Микрометры. Технические условия.

gost.e-ecolog.ru