МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА
И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АВТОНОМНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЦЕНТР НОРМИРОВАНИЯ,
СТАНДАРТИЗАЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ
СООТВЕТСТВИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ»

Методические рекомендации по армированию конструкций высотных зданий с применением специальной арматуры по ГОСТ 34028-2016

Москва 2019

gost.e-ecolog.ru

Содержание

Введение…… 3

1 Область применения 4

2 Нормативные ссылки 5

3 Термины и определения 8

4 Общие положения 14

5 Требования к конструктивным решениям 15

5.1 Общие требования к конструктивным решениям высотных зданий 15

5.2 Конструктивные системы высотных зданий из монолитного железобетона 22

5.2.1 Конструктивные элементы высотных зданий 30

5.2.2 Рекомендации по обеспечению несущей способности конструктивной системы 32

5.3. Рекомендации по применению арматурного проката в железобетонных конструкциях высотных зданий 34

5.3.1 Пластичность арматурного проката 37

5.3.2 Влияние периодического профиля арматурного проката. 38

5.3.3 Свариваемость арматурного проката. 46

5.3.4 Выносливость арматурного проката. 49

5.3.5 Коррозионная стойкость арматурного проката. 50

5.3.6 Качественные характеристики арматурного проката высотных зданий 50

5.3.7 Использование высокопрочных сталей в строительстве высотных зданий 52

5.4 Детальное армирование железобетонных конструкций 54

5.4.1 Поверхностное армирование железобетонных конструкций 62

Библиография 71

Приложение А Типовые узлы армирования железобетонных конструкций 64

Введение

Рекомендации разработаны авторским коллективом Акционерного Общества «Научно-исследовательский центр «Строительство» (д-р техн. наук профессор А.И. Звездов, руководитель работы – канд. техн. наук И.П. Саврасов, канд. техн. наук В.А. Харитонов, А.А. Квасников).

Применение настоящих рекомендаций способствует повышению эффективности проектирования железобетонных высотных зданий и комплексов с применением арматурного проката по ГОСТ 34028–2016 «Прокат арматурный для железобетонных конструкций. Технические условия» с набором специальных дополнительных технических требований, заложенных в указанном стандарте. Это позволит повысить эффективность производства и применения арматурного проката, снизить риски возникновения аварийных ситуаций, а также обеспечить высокую безопасность строительных объектов при эксплуатации.

При разработке методических рекомендаций учитывались данные, полученные при выполнении научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы по теме: «Исследование прочности и трещиностойкости изгибаемых железобетонных конструкций с применением арматурного проката классов А500Н и А500Е по ГОСТ 34028–2016» [0].

Настоящие рекомендации предназначены для специалистов и руководителей проектных организаций и заказчиков строительных проектов (инвесторов), поставщиков, строительных организаций, изготовителей строительной продукции, а также металлургических предприятий – производителей арматурного проката.

1 Область применения

Настоящие методические рекомендации (далее – рекомендации) распространяются на проектирование железобетонных конструкций высотных зданий с применением стандартной и специальной арматуры по ГОСТ 34028–2016 при новом строительстве.

Методические рекомендации содержат основные и дополнительные требования, предназначенные для армирования железобетонных конструкций высотных зданий.

2 Нормативные ссылки

В настоящих рекомендациях использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ 2590–2006 Прокат сортовой стальной горячекатаный круглый. Сортамент

ГОСТ 5781–82 Сталь горячекатаная для армирования железобетонных конструкций. Технические условия

ГОСТ 10884–94 Сталь арматурная термомеханически упрочненная для железобетонных конструкций

ГОСТ 52544–2006 Прокат арматурный свариваемый периодического профиля классов А500С и В500С для армирования железобетонных конструкций. Технические условия

ГОСТ 10922–2012 Арматурные и закладные изделия, их сварные, вязаные и механические соединения для железобетонных конструкций. Общие технические условия

ГОСТ 12004–81 Сталь арматурная. Методы испытания на растяжение

ГОСТ 14019–2003 (ИСО 7438:1985) Материалы металлические. Метод испытания на изгиб

ГОСТ 14098–2014 Соединения сварные арматуры и закладных изделий железобетонных конструкций. Типы, конструкции и размеры

ГОСТ 21014–88 Прокат черных металлов. Термины и определения дефектов поверхности

ГОСТ 22536.0–87 Сталь углеродистая и чугун нелегированный. Общие требования к методам анализа

ГОСТ 26007–83 Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний металлов. Методы испытания на релаксацию напряжений

ГОСТ 26877–2008 Металлопродукция. Методы измерений отклонений формы

ГОСТ 27751–2014 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения

ГОСТ 27772–2015 Прокат для строительных стальных конструкций. Общие технические условия

ГОСТ 28870–90 Сталь. Методы испытания на растяжение толстолистового проката в направлении толщины

ГОСТ 34028–2016 Межгосударственный стандарт. Прокат арматурный для железобетонных конструкций. Технические условия

ГОСТ Р 52246–2004 Прокат листовой горячеоцинкованный. Технические условия

СП 14.13330.2014 «СНиП II-7-81* Строительство в сейсмических районах» (с изменением № 1)

СП 16.13330.2011 «СНиП II-23-81* Стальные конструкции»

СП 17.13330.2011 «СНиП II-26-76 Кровли»

СП 20.13330.2016 «СНиП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия»

СП 22.13330.2016 «СНиП 2.02.01-83* Основания зданий и сооружений»

СП 24.13330.2011 «СНиП 2.02.03-85 Свайные фундаменты»

СП 28.13330.2012 «СНиП 2.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии» (с изменением № 1)

СП 63.13330.2012 «СНиП 52-01-2003 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения» (с изменениями № 1, № 2)

СП 70.13330.2012 «СНиП 3.03.01-87 Несущие и ограждающие конструкции»

СП 72.13330.2011 «СНиП 3.04.03-85 Защита строительных конструкций и сооружений от коррозии»

СП 266.1325800.2016 Конструкции сталежелезобетонные. Правила проектирования

СП 267.1325800.2016 Здания и комплексы высотные. Правила проектирования

Примечание – При пользовании настоящими рекомендациями целесообразно проверить действие ссылочных документов в информационной системе общего пользования – на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю "Национальные стандарты", который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя "Национальные стандарты" за текущий год. Если заменен ссылочный документ, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого документа с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого документа с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего свода правил в ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку. Сведения о действии сводов правил целесообразно проверить в Федеральном информационном фонде технических регламентов и стандартов.

3 Термины и определения

В настоящих рекомендациях применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **аварийное воздействие:** Воздействие, вызывающее разрушение несущих конструкций здания, сопровождаемое потерей опор, поломку или выход из строя инженерных сетей или инженерных систем.

3.2 **высотное здание:** Здание, имеющее высоту, определяемую в соответствии с СП 1.13130.2009, более 75 м.

3.3 **высотный комплекс:** Группа из двух и более зданий различной высоты (включающая в себя не менее одного высотного здания), взаимосвязанных друг с другом с помощью архитектурно–планировочных приемов (могут иметь общую подземную или стилобатную часть, объединяющие переходы и т.п.).

3.4 **критически важный элемент здания:** Строительная конструкция здания, ее часть или узел, помещение (группа помещений), инженерная система здания или ее часть, вывод из строя которой или воздействие на которую может привести к возникновению чрезвычайных ситуаций.

3.5 **локальное разрушение:** разрушение одной колонны (пилона) или одной колонны (пилона) с примыкающими к ней стенами, или двух пересекающихся стен от их пересечения до ближайших проемов или, при отсутствии проемов, до пересечения со стеной другого направления, или разрушение на одном (любом) этаже с площадью разрушения, равной свободной площади между оставшимися неразрушенными соседними вертикальными несущими конструкциями.

3.6 **прогрессирующее обрушение** (*здесь*): Последовательное (цепное) разрушение несущих строительных конструкций, приводящее к обрушению всего здания или его частей вследствие начального локального повреждения.

3.7 **проектная угроза:** Предусмотренная проектом совокупность условий и факторов, определяемых в процессе проведения анализа уязвимости высотного здания, способных нарушить его нормальную эксплуатацию и привести к чрезвычайной ситуации.

3.8 **сталежелезобетонная конструкция:** Железобетонная конструкция, в которой применена помимо гибкой жесткая стальная арматура в виде прокатных или гнутых профилей.

3.9 **арматурный прокат периодического профиля:** Прокат в прутках или мотках с равномерно расположенными на его поверхности под углом к его продольной оси поперечными ребрами для улучшения сцепления с бетоном.

3.10 **арматурный прокат гладкого профиля:** Прокат в прутках или мотках, поверхность которого не имеет периодического профиля.

3.11 **класс арматурного проката:** Установленное стандартом минимальное значение предела текучести физического $\sigma_т$ или условного $\sigma_{0,2}$, Н/мм^2.

3.12 **номинальный диаметр; $d_н$:** Диаметр равновеликого по площади поперечного сечения круглого гладкого проката; мм.

3.13 **номинальная площадь поперечного сечения; $F_н$:** Площадь поперечного сечения проката периодического профиля, равная площади поперечного сечения круглого гладкого проката того же номинального диаметра $d_н$; мм^2.

3.14 **относительная площадь смятия поперечных ребер периодического профиля; f_R:** Площадь проекции поперечных ребер на плоскость, перпендикулярную к оси проката, отнесенная к произведению длины окружности номинального диаметра на фактический средний шаг этих ребер.

3.15 **стандартный набор технических требований:** Параметры проката для его применения, которые реализуются в широком масштабе как достигнутые заводские требования и нормируются ГОСТ 34028.

3.16 **дополнительный набор технических требований:** Параметры арматурного проката, отличающиеся от стандартных и ранее не нормировавшиеся национальными стандартами, или не применявшиеся в широком масштабе, устанавливаемые по согласованию изготовителя с заказчиком.

3.17 **временное сопротивление; $\sigma_в$:** Напряжение, соответствующее наибольшей нагрузке, предшествующей разрушению образца, с обеспеченностью статистических показателей не менее 0,95; Н/мм^2.

3.18 **предел текучести физический; $\sigma_т$ (условный; $\sigma_{0,2}$):** Напряжение, соответствующее наименьшей нагрузке, при которой образец деформируется без заметного ее увеличения (напряжение, при котором условно–мгновенная пластическая деформация достигает 0,2% расчетной длины по тензометру), с обеспеченностью статистических показателей не менее 0,95; Н/мм^2.

3.19 **относительное удлинение после разрыва при начальной расчетной длине образца, равной $5d_н$; δ_5:** В соответствии с ГОСТ 12004–81; %.

3.20 **относительное равномерное удлинение после разрыва; $\delta_р$:** В соответствии с ГОСТ 12004–81; %.

3.21 **полное относительное удлинение при максимальной нагрузке; δ_{max}:** В соответствии с ГОСТ 12004–81; %.

3.22 **условный предел упругости; $\sigma_{0,02}$:** Напряжение, при котором условно–мгновенная пластическая деформация достигает значения 0,02% от суммарной базы тензометров, с обеспеченностью статистических показателей не менее 0,95; Н/мм^2.

3.23 **деформативность:** Свойство проката, характеризуемое сочетанием значений следующих характеристик, определяющих в состоянии поставки характер диаграммы растяжения проката различных классов:

- отношением фактических значений временного сопротивления $\sigma_в$ к пределу текучести $\sigma_в/\sigma_т$ ($\sigma_{0,2}$);

- относительным равномерным $\delta_р$ или полным относительным удлинением δ_{max} при максимальном усилии P_{max} при растяжении.

3.24 **стойкость против коррозионного растрескивания:** Способность арматурного проката не разрушаться в течение заданного времени при совместном воздействии растягивающих напряжений и агрессивных сред. Определяется при испытаниях на стойкость против коррозионного растрескивания.

3.25 **выносливость при многократно повторяющихся циклических нагрузках:** стойкость проката периодического профиля разрушению при динамических воздействиях в цикле пульсирующего растяжения, определяемая при испытании на выносливость.

3.26 **арматура:** линейно протяженные элементы в железобетонной конструкции, предназначенные для восприятия растягивающих (главным образом) и сжимающих усилий. В зданиях и сооружениях применяют стальную арматуру в виде проволоки, стержней и витых канатов.

3.27 **арматура специальная:** арматурный прокат с дополнительным набором технических требований по свариваемости, пластичности, коррозионной стойкости, характеристикам сцепления с бетоном и другими свойствами.

3.28 **арматура конструктивная:** арматура, устанавливаемая по конструктивным соображениям без расчета.

3.29 **арматура напрягаемая:** арматура, подвергаемая предварительному натяжению до или в процессе передачи усилия обжатия на бетон.

3.30 **арматура рабочая:** арматура, назначаемая по расчету.

3.31 **каркас арматурный:** объемный арматурный элемент, образованный путем соединения арматурных сеток или отдельных стержней. Способ соединения и взаимное расположение арматурных сеток должны соответствовать требованиям проектной документации.

3.32 **класс арматуры по прочности на растяжение:** гарантированное значение предела текучести, физического или условного (равного значению напряжений, соответствующих остаточному относительному удлинению 0,1% или 0,2%), с обеспеченностью не менее 0,95, определяемое по соответствующим

стандартам; обозначаемый буквой А и числом, соответствующим значению предела текучести арматуры, МПа (Н/мм^2) (например, А240).

3.33 **класс бетона по прочности на сжатие:** значение кубиковой прочности бетона на сжатие, с обеспеченностью 0,95 (нормативная кубиковая прочность); обозначаемое буквой В и числом, выражающим значение кубиковой прочности, Н/мм^2 (МПа), например, В25.

3.34 **конструкции бетонные:** конструкции, выполненные из бетона без арматуры или с арматурой, устанавливаемой по конструктивным соображениям и не учитываемой в расчете; расчетные усилия от всех воздействий в бетонных конструкциях должны восприниматься бетоном.

3.35 **конструкции железобетонные:** конструкции, выполненные из бетона с рабочей и конструктивной арматурой (армированные бетонные конструкции); расчетные усилия от всех воздействий в армированных бетонных конструкциях должны восприниматься бетоном и рабочей арматурой.

3.36 **конструкции железобетонные сборно-монолитные:** конструкции, получаемые при обеспечении совместной работы одного или нескольких ранее изготовленных сборных железобетонных элементов и объединяющего их монолитного бетона, выполняемого, как правило, в условиях строительной площадки.

3.37 **конструкции предварительно напряженные железобетонные:** конструкции, в которых начальное натяжение напрягаемой арматуры обеспечивает необходимую степень обжатия бетона в процессе их изготовления и эксплуатации.

3.38 **расчетное сопротивление арматуры; R_s:** сопротивление арматуры, принимаемое в расчетах железобетонных конструкций по первому предельному состоянию (несущей способности), $\mathbf{R_S = \frac{R_{sn}}{\gamma_s}}$, где $\mathbf{R_{sn}}$ – нормативное сопротивление, равное физическому $\sigma_т$ или условному $\sigma_{0,2}$ пределу текучести.

3.39 **коэффициент надежности (безопасности) арматуры; γ_s:** коэффициент, учитывающий возможные отклонения физического или условного

предела текучести арматурной стали ниже их нормируемых значений, а также отклонения размеров сечения стержня, раннее развитие пластических деформаций.

3.40 **коэффициент пластичности по кривизнам;** K_{pl}: характеризующий способность расчетных сечений железобетонных элементов к пластическому деформированию, определяемый как отношение предельных кривизн в сечениях при максимальных усилиях к их значениям при достижении в растянутой арматуре $\sigma_т$ или $\sigma_{0,2}$.

3.41 **коэффициент надежности (безопасности) бетона при сжатии и растяжении; γ_b и γ_{bt}:** коэффициенты, учитывающие возможность отклонения значений прочностей бетона ниже нормативных, отклонения в геометрических размерах сечений (не превышающие допустимых) и разницу между прочностью бетона, определяемую на опытных образцах, и прочностью бетона в конструкции.

3.42 **марка бетона по водонепроницаемости:** гарантированное значение давления воды, выдерживаемое бетоном без ее просачивания; обозначается буквой W и числом, соответствующим давлению, в атмосферах (например, W12) и устанавливаемому в соответствии с требованиями стандартов, определяется по ГОСТ 12730.5–84.

3.43 **марка бетона по морозостойкости:** установленное нормами минимальное число циклов замораживания и оттаивания образцов бетона, испытанных по базовым методам, при которых сохраняются первоначальные физико-механические свойства в нормируемых пределах; обозначается буквой F и числом, выражающим количество циклов (например, F100), определяется по ГОСТ 10060–2012.

3.44 **марка бетона по плотности:** гарантированное значение объемной массы бетона в кг/м^3, обозначается буквой D и числом, выражающим значение объемной массы бетона (например, D2000) и устанавливаемой в соответствии с требованиями стандартов, определяется по ГОСТ 12730.1–78.

4 Общие положения

В настоящих методических рекомендациях рассматриваются требования и рекомендации, включающие в себя:

- общие требования к конструктивным решениям высотных зданий;
- описание конструктивных системы высотных зданий из монолитного железобетона;
- описание конструктивных элементов высотных зданий;
- рекомендации по обеспечению несущей способности конструктивной системы;
- рекомендации по применению арматурного проката в железобетонных конструкциях высотных зданий, с учетом пластичности, периодического профиля, свариваемости, выносливости, коррозионной стойкости и качественных характеристик арматурной стали;
- рекомендации по детальному армированию железобетонных конструкций.

Задачи разработки методических рекомендаций:

- разработка общих положений с указанием особенностей армирования конструкций высотных зданий с применением специальной арматуры по ГОСТ 34028;
- разработка рекомендаций, детализирующих основные положения по армированию фундаментов, колонн, стен, балок и плит перекрытий высотных зданий и сооружений;
- разработка рекомендаций по соединениям арматуры железобетонных конструкций высотных зданий;
- развитие положений СП 267.1325800 для детализации и разъяснения решений по армированию железобетонных конструкций с применением стандартной и специальной арматуры по ГОСТ 34028.

5 Требования к конструктивным решениям

5.1 Общие требования к конструктивным решениям высотных зданий

Для железобетонных конструкций без предварительного напряжения арматуры в качестве продольной расчетной арматуры следует преимущественно применять стальную арматуру классов А400, А500 и А600; для поперечного и косвенного армирования – А240, А400 и А500.

[СП 267.1325800.2016, пункт 8.2.2.4]

Для предотвращения образования недопустимых трещин в массивных конструкциях (фундаменты, стены ядер жесткости и т.п.) в связи с изменением термонапряженного состояния, вызванного перепадом температур и усадкой, при соответствующем обосновании должны быть предусмотрены дополнительное конструктивное армирование конструкции и/или разбивка конструкции на блоки (фрагменты) бетонирования, а также снижение экзотермии бетона за счет замещения части цемента минеральными или органо–минеральными добавками и охлаждение бетонной смеси.

[СП 267.1325800.2016, пункт 8.2.5.9]

Устойчивость высотного здания против прогрессирующего обрушения следует обеспечивать наиболее экономичными средствами:

– рациональным конструктивно-планировочным решением здания с учетом возможности возникновения рассматриваемой аварийной ситуации;

– конструктивными мерами, обеспечивающими неразрезность конструкций;

– применением материалов и конструктивных решений, обеспечивающих развитие в элементах конструкций и их соединениях пластических деформаций.

[СП 267.1325800.2016, пункт 8.3.1.2]

сновные средства защиты высотных жилых зданий от прогрессирующего обрушения – резервирование прочности конструктивных элементов в соответствии с расчетами; повышение пластических свойств применяемой стали и арматуры, стальных связей между конструкциями (в виде арматуры соединяемых конструкций, закладных деталей, элементов стальных жестких узлов и т.п.); включение в работу пространственной системы ненесущих элементов.

Эффективная работа связей, препятствующих прогрессирующему обрушению, возможна лишь при обеспечении их пластичности в предельном состоянии, с тем чтобы они не выключались из работы и допускали развитие необходимых деформаций без разрушения. Для выполнения этого требования связи следует проектировать из пластичной листовой или арматурной стали, а прочность анкеровки связей (соединений со смежными элементами) должна быть больше усилий, вызывающих их текучесть.

[СП 267.1325800.2016, пункт 8.3.4.1]

Для повышения эффективности сопротивления прогрессирующему обрушению здания следует:

– надпроемные перемычки, работающие как связи сдвига, проектировать так, чтобы они разрушались от изгиба, а не от действия поперечной силы (см. Рисунок 5.1);

– обеспечивать достаточность длины анкеровки арматуры при ее работе как связи сдвига;

– проектировать колонны, пилоны, стены с введением жесткой арматуры в виде прокатных или сварных вертикальных элементов, проектировать сталежелезобетонные перекрытия;

– вводить, при необходимости, в несущую систему здания аутригерные конструкции в виде систем перекрестных ферм или стен;

– для опорных сечений балок и ригелей, а также узлов их соединений с колоннами (стенами, пилонами) принимать прочность по поперечной силе в 1,5

раза выше их несущей способности по изгибу с учетом пластических свойств в пролете;

– шпоночные соединения в сборно-монолитных конструкциях проектировать так, чтобы прочность отдельных шпонок на срез была в 1,5 раза больше их прочности при смятии;

– нижнее армирование изгибаемых железобетонных конструкций принимать неразрезным по всей длине.

[СП 267.1325800.2016, пункт 8.3.4.4]

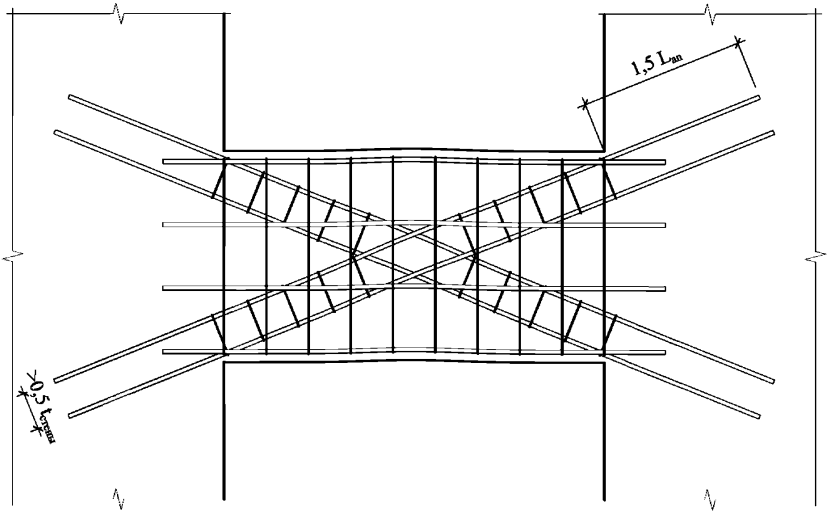

Рисунок 5.1 – Пример армирования надпроемной перемычки

Точное конструирование играет важную роль в обеспечении надежности и долговечности железобетонных конструкций. Принципы конструирования и рабочие изделия могут быть определены на ранних этапах проектирования, но окончательные чертежи армирования разрабатываются в период между завершением окончательного конечно-элементного расчета и началом строительства.

Детализация схем армирования конструкций и конструирование узлов начинается после получения результатов конечно-элементных расчетов здания.

В процессе подготовки рабочих чертежей должны быть охвачены такие требования, заложенные национальными нормативными документами и стандартами, как значения нахлеста и анкеровки, защитные слои, классы бетона, отверстия, предпочтения и требования детализации и т.д. При конструировании рекомендуется учитывать предпочтительные и оптимальные методы и последовательность строительства.

Рабочие чертежи железобетонных конструкций должны быть разработаны и переданы на строительную площадку единовременно. Должны быть выделены этапы строительства, которые определяют набор конструктивных элементов, последовательно передаваемых на строительную площадку. Например, в рабочих чертежах фундаментных конструкций должна содержаться информация по выпускам арматурных стержней в колонны и стены.

Насколько возможно, следует избегать изменения расчетных предпосылок и изменений конструктивной схемы. Любые изменения существенно влияют на рабочие процессы, что может значительно увеличить риск ошибки. Однако часто возникают ситуации, когда окончательные результаты расчета недоступны, либо происходят изменения опалубочных чертежей. Согласованная система «заморозки» этапов рабочей документации может быть эффективной при разработке больших проектов.

Передача рабочей документации армирования железобетонных конструкций на строительную площадку должна быть максимально эффективной на всех этапах строительства. Перспективное направление взаимодействия участников строительства объекта – использование современных BIM технологий. Рекомендуется устанавливать ответственность расчетчика за подготовку и проверку чертежей армирования железобетонных конструкций высотных зданий.

Результаты расчета, выполненные разными расчетчиками, могут значительно различаться как по форме, так и по содержанию. Различия расчетных моделей влияют на эффективность строительного процесса. Основные вопросы отражены ниже:

– изменения рабочей документации делают проверку и корректировку расчетов трудоемкой. Кроме того, передача информации об изменениях конструкции внешним проверяющим органам может быть излишне запутана и затянута;

– в случае работы со сторонней расчетной схемой конструктору требуется больше времени для усвоения предоставленной информации об армировании и увеличивает потребность в дополнительных разъяснениях. Эти факторы могут привести к несогласованности между расчетчиком и конструктором;

– несмотря на то, что для процесса строительства эффективнее использовать временную «заморозку» при предоставлении новой или измененной документации, это не всегда соответствует интересам заказчика, который ищет оптимальное решение.

Следующие пункты включают стандартную информацию, необходимую для разработки деталировочных чертежей армирования:

– опалубочные чертежи должны быть полностью образмерены, должны иметь достаточное и необходимое количество сечений и узлов, должны содержать всю информацию по отверстиям, положениям воздуховодов и инженерным коммуникациям.

– должны быть указаны требования нормативных документов к конструированию железобетонных конструкций. При необходимости должны быть указаны особые требования (например, сейсмические, по устойчивости против прогрессирующего обрушения и т.д.).

В томе с расчетно-пояснительной запиской должна быть предоставлена следующая информация, необходимая для разработки конструктивных чертежей:

– должна быть предоставлена основная информация о конструкции, относящаяся к классам бетона и арматуры, огнестойкости, долговечности и защитным слоям;

– должна быть предоставлена информация о процессе строительства (например, метод строительства, последовательность заливки и т.д.), при наличии. Все основные требования должны быть отмечены на передаваемой документации;

– подробные результаты расчета должны включать расчетные данные, описывающие геометрические требования и требования к армированию железобетонных элементов;

– исходные данные для конструирования должны содержать указания по направлению слоев армирования с учетом пересечения несущих элементов в соответствии с расчетами конструкции.

В железобетонных высотных зданиях ползучесть и усадка вызывают длительные осадки колонн, которые соотносятся с уровнем осевого напряжения в колонне и его развитием во времени. Укорочение колонны также приводит к тому, что в плитах перекрытия возникают дополнительные напряжения, вызванные разностью осадок опор, что вызывает перераспределение напряжений в конструкциях. Такие напряжения и деформации могут влиять на ненесущие и архитектурные элементы и на фасадные конструкции. Разность осадок между колоннами и ядром жесткости вызывает дополнительные усилия на элементы конструкции. Следовательно, эффекты осадки колонн необходимо принимать во внимание на этапе проектирования, после выполнения расчетов на основные и особые сочетания нагрузок.

Для решения проблемы разности осадок вертикальных элементов действительное напряженно-деформированное состояние конструкции во времени необходимо устанавливать на этапе проектирования. Для этого должны быть решены задачи компенсации напряжений в конструкциях на основе численных конечно-элементных расчетов.

Проблемы осадки колонн могут быть решены:

– плюсовыми геометрическими параметрами колонн, предусмотренными на этапе строительства; однако, это решение требует высокого качества изготовления конструкций и дополнительных затрат;

– размещением дополнительного армирования в колоннах;

– устройством соединений колонн и ядра жесткости жесткими горизонтальными элементами, такими, как жесткие балки или выносные опоры, однако эти горизонтальные элементы должны выдерживать дополнительные напряжения сдвига.

5.2 Конструктивные системы высотных зданий из монолитного железобетона

В районах высокой сейсмичности и значительных ветровых нагрузок, конструктивные элементы, обладающие достаточной пластичностью, обеспечивают значительный вклад в сопротивление внешним воздействиям, в том числе ветровым воздействиям. Во многих случаях боковые нагрузки от сейсмических движений грунта влияют на надежность и работоспособность здания, и они должны быть учтены при расчетах с учетом массы, геометрических и жесткостных характеристик несущих конструкций.

Система поперечных конструктивных элементов воспринимает воздействия ветра и сейсмических сил, воспринимает вертикальные нагрузки. В такой системе есть конструктивные элементы, которые воспринимают только вертикальные нагрузки, такие как плиты перекрытия, балочные системы плит перекрытия и колонны, которые являются опорами несущих конструкций.

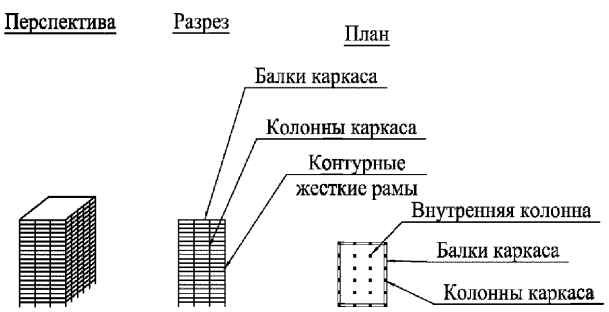

Рисунок 5.2 – Жесткий каркас

Конструктивная система из жесткого каркаса (Рисунок 5.2), как правило, состоит из прямоугольных или квадратных колонн и прямоугольных балок. Узлы рамы сконструированы таким образом, чтобы воспринимать полный изгибающий момент балки. Шаг колонн составляет примерно от одной до двух высот этажа и,

как правило, выбирается в интервале между 4,5 м и 9 м. Чем выше здание, тем используются большие сечения для балок и колонн и сокращается шаг колонн, с ориентацией длинной стороны сечения на восприятие сопротивления изгибу.

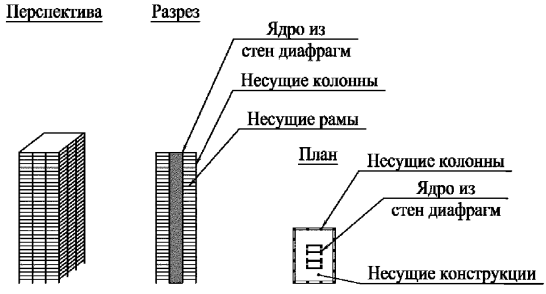

Рисунок 5.3 – Стены диафрагмы (ядро жесткости)

Стены диафрагмы (ядра жесткости) (Рисунок 5.3) чаще всего располагаются в технических зонах, лестнично-лифтовых узлах или санитарно-технических помещениях. Стены внутри башни чаще всего расположены в местах служебных помещений, в том числе лифты, механические помещения и туалеты. Однако, эти стены могут быть распределены по этажу, в том числе в жилых помещениях. В некоторых случаях несущие стены расположены эксцентрично по планировке и должны противостоять значительным усилиям кручения из–за эксцентрично приложенных ветровых нагрузок или сейсмических нагрузок, а также за счет эксцентричного соотношения между центром масс и жесткости здания.

Шаг стен–диафрагм сильно варьируется, но, как правило, составляет 9 м, для обеспечения размещения лифтов и лифтовых холлов. В местах, где необходимы двери или механические отверстия в ядре жесткости, для соединения сегментов стены используются балки. Высота балки принимается максимальной для обеспечения сопротивления сдвигу и изгибу, и, как правило, ее значение должно соответствовать размерам проемов и отверстий.

Стены диафрагмы воспринимают все боковые нагрузки и могут быть подвергнуты растяжению и деформациям при подъеме или опрокидыванию фундаментов. Место расположения и размеры стен, с учетом равнодействующей вертикальной нагрузки – важный критериий для минимизации растягивающих напряжений в элементах стен–диафрагм.

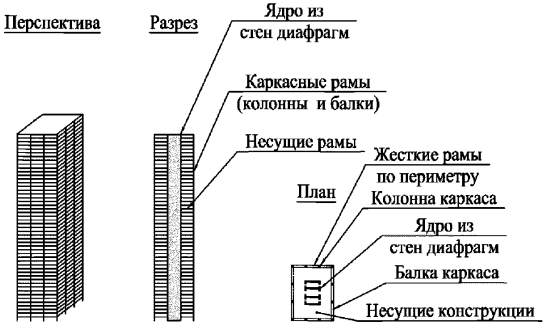

Рисунок 5.4 – Комбинированная система – каркас и ядро жесткости

Рамы в сочетании со стенами диафрагмами (Рисунок 5.4) увеличивают прочность и жесткость здания. Стены диафрагмы воспринимают большинство боковых нагрузок и могут быть подвергнуты растяжению и деформациям при подъеме или опрокидыванию фундаментов.

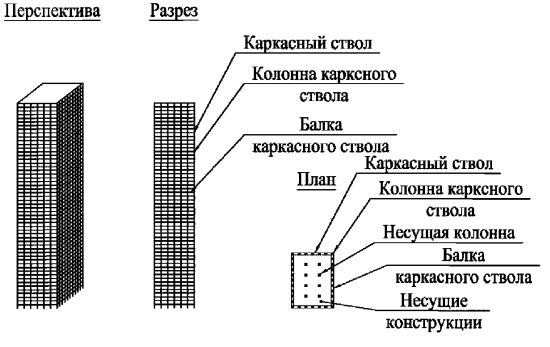

Рисунок 5.5 – Каркас в форме ствола

Конструктивная система из жестких рам в форме ствола (Рисунок 5.5), как правило, состоит из прямоугольных или квадратных колонн и прямоугольных балок. Узлы рамы сконструированы таким образом, чтобы воспринимать полный изгибающий момент балок. Шаг колонн составляет примерно от немного меньших значений высоты этажа до высоты этажа, и, как правило, интервал выбирают между 3,0 м и 4,5 м. Чем выше здание, тем используются больше сечения для балок и колонн и меньше шаг колонн, с ориентацией длинной стороны сечения на восприятие сопротивления изгибу.

Ствол из жестких каркасов спроектирован таким образом, чтобы приблизительно уравнять изгибные жесткости колонн и балок. Конструктивная система распределяет осевые силы, приложенные к колоннам при боковых нагрузках. Задержка сдвиговых усилий – это явление, которое характеризует неравномерное распределение силы на передней или задней грани колонны при поперечных нагрузках.

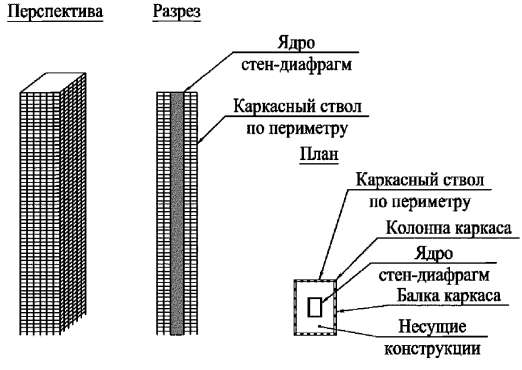

Рисунок 5.6 – Комбинированная система – ядро жесткости и каркас в форме ствола

Внутренние рамы в стволе или стены–диафрагмы (ядро жесткости) (Рисунок 5.6) в сочетании с жесткими рамами в форме ствола по периметру. Эти

рамы или стены жесткости обеспечивают дополнительную прочность и жесткость стволовой системы.

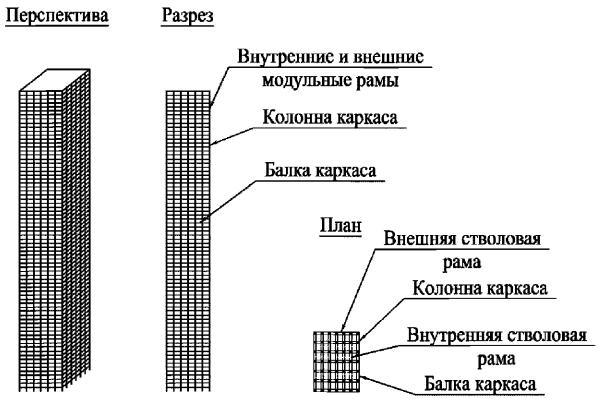

Рисунок 5.7 – Конструктивная система модульных блоков

Внутренние рамы в стволе в сочетании с жесткими рамами в форме ствола по периметру (Рисунок 5.7), рамы спроектированы в форме ячеистой конфигурации в плане. Внутренние рамы должны быть расположены с учетом архитектурных планировок, поскольку ограничивают расстояние между колоннами и обеспечивают дополнительную прочность и жесткость стволовой системы.

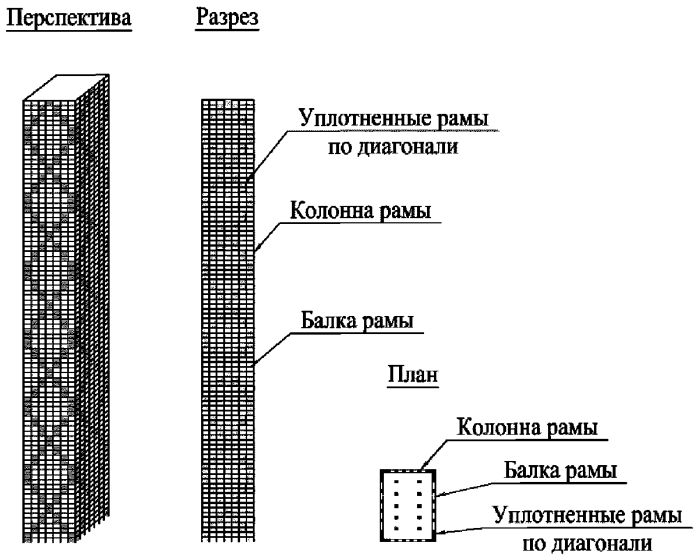

Рисунок 5.8 – Конструктивная система с диагональными опоясывающими рамами

Жесткие рамы в форме ствола заполнены диагональной системой связей на внешних участках. Конструктивная система (Рисунок 5.8) распределяет осевые силы, приложенные к колоннам при боковых нагрузках.

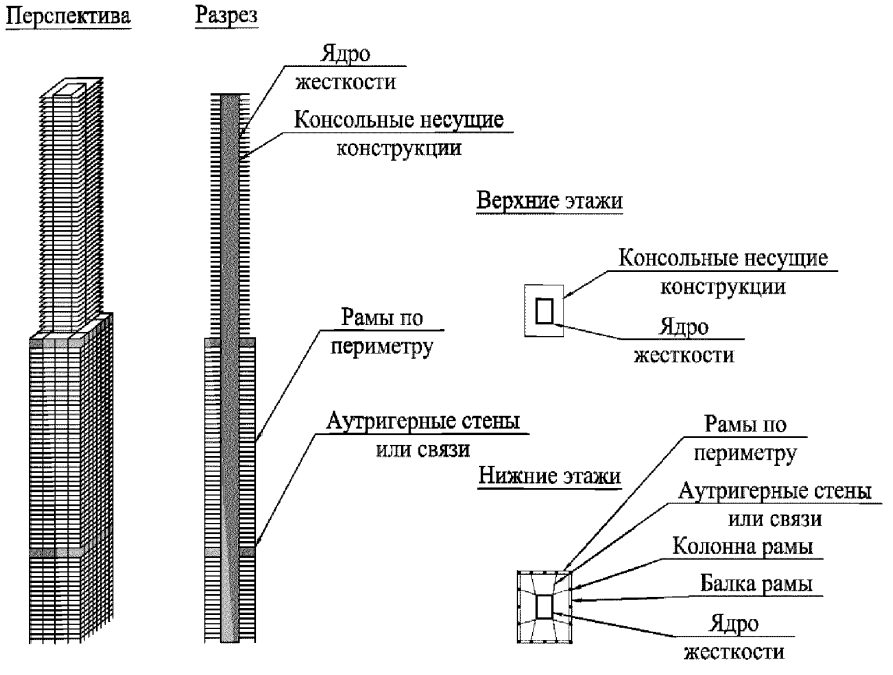

Рисунок 5.9 – Конструктивная система с аутригерными этажами

Стены диафрагмы аутригерного этажа (Рисунок 5.9) располагаются в технических зонах обслуживания, лестнично-лифтовых узлах или санитарно–технических помещениях. Для обеспечения сопротивления сдвигу и кручению конструктивной системы требуется закрытая форма (квадратная, прямоугольная, круглая, восьмиугольная) расположения конструкций.

Стены аутригерного этажа соединяются с колоннами или каркасами по периметру и бетонными стенами (в основном, высотой в два этажа) или, в некоторых случаях, стальными фермами. Выносные стены передают нагрузки от центрального ядра к колоннам и рамам по периметру и увеличивают конструктивную жесткость этажа.

Стены аутригерного этажа воспринимают большинство боковых нагрузок и могут воспринимать растяжение и деформации при подъеме или опрокидыванию фундаментов. Место расположения и размеры стен, с учетом равнодействующей вертикальной нагрузки – важный критерий для минимизации растягивающих напряжений в элементах стен–диафрагм.

Стены аутригерного этажа могут быть опорами для колонн по периметру каркаса, что увеличивает осевую жесткость колонн.

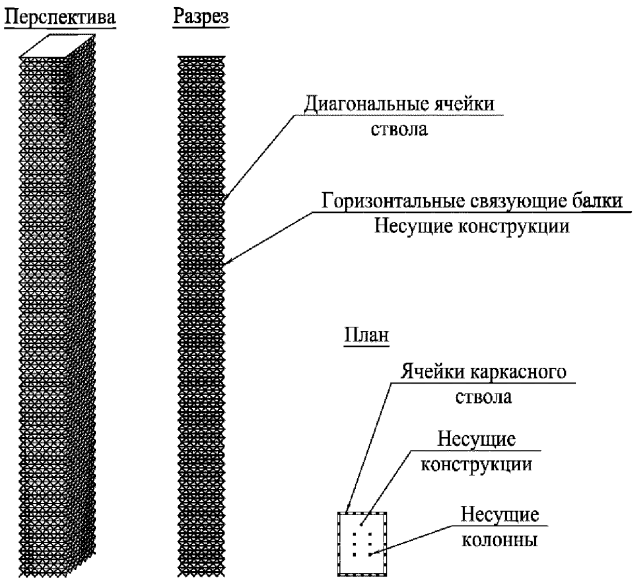

Рисунок 5.10 – Внешний каркас с диагональной сетью

Внешний каркас с диагональной сетью элементов (Рисунок 5.10) состоит из прямоугольных или квадратных диагональных элементов. Прямоугольные железобетонные каркасные балки проектируются на уровне этажа. Расстояние между диагональными элементами приблизительно соответствует высоте этажа, что обычно составляет 4,5 м. При увеличении высоты здания используются большие сечения балок и колонн.

Рама по периметру должна быть спроектирована таким образом, чтобы диагональные элементы воспринимали только осевую нагрузку. Исключение изгибающих моментов на диагональных элементах значительно повышает конструктивную эффективность при минимальном количестве материала. Более плотное расположение сети элементов приводит к меньшим сечениям конструктивных элементов и большей эффективности.

5.2.1 Конструктивные элементы высотных зданий

Конструирование конструктивных элементов здания - важная часть проектирования для обеспечения сопротивления ветровым и сейсмическим воздействиям и способности неупругого деформирования. Типовые узлы армирования железобетонных конструкций приведены в приложении А.

Эффективное конструирование при назначении длин анкеровки и нахлеста – превентивный фактор надежности и безопасности зданий, т.к. напряжения в арматурной стали могут достигать пределов текучести.

Конструктивные элементы, дополнительно к способности деформироваться пластически, должны воспринимать циклические воздействия без разрушения. Для таких случаев, в нормативных документах должны быть предусмотрены коэффициенты запаса для увеличения длин анкеровки и нахлеста арматуры.

Балки

Балки являются одними из основных конструктивных элементов, воспринимающих изгибающие механизмы в конструкциях. При конструировании балок необходимо обеспечивать достаточную несущую способность для предотвращения разрушения по срезу, в местах их соединения со стенами ядер жесткости высотных зданий, балки в основном, воспринимают сдвиговые усилия, а не изгибающие.

Сдвиговые усилия могут восприниматься диагональными арматурными изделиями, с высокой прочностью на сжатие. В сейсмических и ветровых зонах, при циклических воздействиях, применение указанных элементов наиболее актуально. Для предотвращения хрупкого разрушения конструктивных элементов балок проектируются диагональные арматурные каркасы, обеспечивающие необходимую прочность на сдвиг и значительную пластичность.

Колонны

При больших неупругих перемещениях, вызываемых значительными усилиями в колоннах, требуется эффективная работа бетонного сечения колонны в арматурном каркасе для обеспечения:

– необходимой прочности бетона, предотвращающей возможные сколы бетона защитного слоя при знакопеременных нагрузках;

– уровней напряжения, при которых достигается пластичное поведение конструкции.

В случае использования высокопрочных бетонов в неупругих зонах, высокие значения бетонного сечения необходимы для достижения достаточной прочности и пластичности.

Продольное и поперечное армирование должно быть сконструировано таким образом, чтобы обеспечить необходимую несущую способность бетонного ядра. Сокращение шага продольных арматурных стержней по периметру сечения и расстояния между поперечной арматурой особенно важно в ограничении ядра и предотвращении потери устойчивости сжатой арматуры.

Спирали или замкнутые кольцевые хомуты более эффективны, чем квадратные или прямоугольные хомуты, так как они обеспечивают равномерное ограничение по всему периметру. Для квадратных или прямоугольных хомутов эффективность совместной работы продольного и поперечного армирования достигается за счет введения дополнительных поперечных хомутов.

Для колонн высотных зданий рекомендуется минимальное значение процента армирования – 1,0%.

Стены

В регионах низкой и умеренной сейсмичности пластичные шарниры развиваются, в первую очередь, в балках. В зонах высокой сейсмичности, распределение пластичных усилий в балках недостаточно и требуются дополнительные конструктивные решения по стенам. Проблема обостряется из–за сдвига бетонных поверхностей и появления растягивающих напряжений, в частности на концевых участках стен, в результате чего арматурный каркас

воспринимает значительные сдвиговые напряжения. В таком случае, для сопротивления сдвиговым усилиям, используются диагональные каркасы в каждом направлении.

В зонах с высокой степенью сжатия, на концевых участках стен, высокие значения бетонного сечения требуются по причинам, изложенным выше для колонн. Эти зоны необходимо проектировать больших сечений для восприятия изгибающих усилий.

Узлы соединения колонны с плитой перекрытия

Конструирование узла соединения колонны с плитой перекрытия - важный вопрос для обеспечения целостности конструкций во время сейсмических и особых воздействиях. Узлы колонна–плита подвергаются боковым деформациям, что приводит к увеличению изгибающих моментов и усилиям сдвига. Эти усилия могут приводить к текучести армирования плиты перекрытия.

Узлы соединения стены с плитой перекрытия

В зданиях, в которых вертикальные несущие конструкции – стены или ядра жесткости, целостность узлов между плитой и стеной – основной параметр эксплуатационной надежности здания. При колебаниях ядра вследствие особых воздействий, на соединения между плитами и стенами накладываются дополнительные изгибающие усилия, усилия могут увеличиваться за счет вертикальных колебаний ядра жесткости.

5.2.2 Рекомендации по обеспечению несущей способности конструктивной системы

– Узлы соединения конструктивных элементов должны быть пластичными и обладать способностью к большим деформациям и поглощению энергии при воздействии особых условий нагружения.

– Важный фактор в достижении несущей способности – эффективная планировка вертикальных элементов стен и колонн. В несущих стеновых

конструкциях следует предусматривать внутренние продольные стены для уменьшения пролета длинных участков поперечных стен, что повышает устойчивость отдельных стен и конструкций в целом, и в случае локального разрушения это решение уменьшает длину поперечной стены, которая воспринимает такое воздействие.

– Между основными несущими элементами конструктивной системы должна быть обеспечена интегрированная система связей. Эти связи могут быть разработаны специально как компоненты вторичных несущих систем, которые должны выдерживать большие деформации во время особых воздействий.

– Несущая способность плит перекрытий должна быть обеспечена в двух направлениях, что гарантирует предотвращение разрушения вследствие воздействия на опорные элементы плиты перекрытия либо изменения схем приложения нагрузок.

– Возможность воспринимать нагрузки внутренними перегородками от вышележащих конструкций.

– В случае изменения схемы работы плиты перекрытия при удалении опорной вертикальной конструкции, плита перекрытия должна иметь достаточное армирование для восприятия усилий от подвеса на вышерасположенные конструкции.

– Обеспечение системы распределительных балок (вторичные несущие системы) на верхних уровнях позволяет конструкциям нижележащих этажей «свисать» с верхних этажей при особых ситуациях. Проектирование таких систем позволяет каркасу выдерживать дополнительные усилия, вызванные удалением несущих элементов.

– В конструктивных элементах, которые подвергаются динамическим воздействиям, рекомендуется избегать применения арматурной стали с низкой пластичностью.

5.3 Рекомендации по применению арматурного проката в железобетонных конструкциях высотных зданий

В ГОСТ 34028–2016 установлены требования к прочности и пластичности арматуры для трех категорий пластичности. Пластичность – свойство материалов разрушаться после достижения значительных неупругих деформаций. Такие деформации могут рассеивать энергию знакопеременных внешних воздействий.

Арматурная сталь гораздо более пластична по сравнению с бетоном. Арматура остается неповрежденной даже после изгибов или растяжения, в том время как бетон хрупко разрушается.

Пластическая деформация металла поглощает энергию и задерживает полное разрушение конструкции. Материал изгибается, но не ломается и продолжает сопротивляться силам и нагрузкам, хотя и с меньшей эффективностью. Влияние знакопеременных нагрузок на здание похоже на быстрое изгибание конструкций в прямом и обратном направлениях.

Такие материалы, как неармированная каменная кладка или слабо армированный бетон, разрушаются внезапно и хрупко с минимальным искажением первоначальной формы. Однако арматурные стержни железобетонной конструкции с часто расположенными поперечными хомутами и особой конструктивной детализацией, придают конструкции значительную пластичность, равную пластичности конструкционной стали.

Пластичность и запас несущей способности тесно связаны между собой: при превышении предела упругости пластичные материалы могут подвергаться дальнейшей загрузке до полного разрушения.

Геометрические параметры конструктивного элемента, граничные условия и конструктивные особенности узлов сопряжения влияют на пластичность конструкции. Запас несущей способности – это способность конструкции противостоять перегрузкам, она зависит от пластичности ее отдельных элементов

и соединений. Проектирование конструкций с большим запасом и резервом прочностных характеристик может позволить не учитывать пластическую стадию, т.к. в этом случае конструкция воспринимает воздействия в упругой стадии. Однако такой подход может быть неэффективным и неэкономичным.

Таким образом, высотные здания необходимо проектировать так, чтобы при воздействии внешних сил, превышающих проектные нормативные нагрузки, конструктивные элементы и узлы их сопряжения допускали возможность пластического деформирования и исключали возможность хрупкого внезапного разрушения.

Расчет железобетонных конструкций основан на номинальных размерах арматурных стержней. Номинальный размер – это диаметр круга с площадью, равной эффективной площади поперечного сечения стержня.

Термин «размер стержня», а не «диаметр» применяется для описания номинального размера арматурного стержня. Максимальный диаметр арматуры периодического профиля может быть на 10 % больше относительно номинального размера арматуры. Однако из-за периодического профиля арматуры диаметры отдельных сечений могут быть на 13 % или 14 % больше номинального диаметра при наибольшем поперечном сечении.

Предпочтительные размеры арматурных стержней составляют 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32 и 40 мм. Размер 6 из-за низкого спроса и нечастых прокаток имеет не большой объем поставок. Арматура диаметром выше 40мм регулярно не предоставляется изготовителями, но может быть доступна для индивидуального заказа. Поскольку обрезки арматурной стали диаметром выше 40мм непригодны для дальнейшего применения, стержни поставляются мерной длины в соответствии с рабочей документацией.

Следует отметить, что с длинными прутками арматуры большого диаметра возможны трудности при производстве работ из-за массы элементов, в соответствии с правилами техники безопасности для них может потребоваться достаточное место для хранения.

Стандартная длина стержней для размеров 12мм и выше, составляет 11,8 м. Для размеров 8 и 10 размеры составляют 6 и 11,8 м. Максимальная длина транспортируемого арматурного стержня составляет 18 м, но при превышении длины 12 м могут возникнуть дополнительные расходы при транспортировании.

Сторона арматурного изделия, каркаса или сеточной продукции должна быть не более 2,75 м.

Минимальный диаметр оправки для изгиба стержней периодического профиля диаметром меньше 20 мм, составляет 5*d*, а для стержней размером более или равных 20 мм – 8*d*. Как правило, разгиб стержней на строительной площадке не допускается. Проектировщик устанавливает значения изгибов стержней большого диаметра в соответствии с требованиями нормативных документов. Изгибы стержней большого диаметра требуются в:

- торцевых соединениях колонны и стены с балками или плитами;
- консольных подпорных стенках;
- карнизных элементах;
- арматурных изделиях для свайных ростверков и др.

Основные свойства арматурной стали – прочность и пластичность. Пластичность арматуры особенно важна в сейсмических зонах и при особых воздействиях на конструкции. Однако другие свойства также являются существенно важными, например, сцепление арматуры с бетоном и свариваемость.

5.3.1 Пластичность арматурного проката

Пластичность арматурного проката определяется при испытаниях на растяжение и характеризуется, прежде всего, показателями относительного удлинения. Пластичность арматурного проката оказывает большое влияние на работу железобетонных конструкций при расчетных нагрузках и особенно при разрушении за их пределами, например, при высоких сейсмических или особых ветровых воздействиях. В действующих в настоящее время нормативных документах по конструированию железобетонных зданий и сооружений установлено единое значение относительной деформации, которая характеризует пластические свойства арматурной стали. Настоящие рекомендации допускают возможность применения арматуры с меньшим или большим значением относительной деформации при соответствующем обосновании в зависимости от марки стали, типа армирования, критерия надежности конструкции и других факторов.

Пластические характеристики влияют преимущественно на деформационные параметры конструкций, особенно при динамических и особых воздействиях. В ГОСТ 34028 введены три категории пластичности: стандартная, не обозначаемая в маркировке; повышенная, обозначаемая в маркировке буквой «Н» и повышенная, обозначаемая в маркировке буквой «Е». Категории пластичности позволяют изготовлять арматурный прокат повышенной пластичности, который, в отдельных случаях, повышает надежность конструкций и зданий в целом.

В несущих конструкциях высотных зданий рекомендуется применять арматурный прокат с гарантией механических свойств по категориям пластичности Н и Е (ГОСТ 34028) при испытании на растяжение в соответствии с таблицей 5.1. Сетки, каркасы и изделия рекомендуется изготавливать из арматуры периодического профиля категорий пластичности Н и Е по ГОСТ 34028–2016.

Таблица 5.1 – Механические свойства проката с категориями пластичности Н и Е при испытании на растяжение

Категория пластичности	Класс проката	Предел текучести $\sigma_т$ ($\sigma_{0,2}$), Н/мм^2	Временное сопротивление $\sigma_в$, Н/мм^2	Отношение фактических значений $\sigma_в / \sigma_т$ ($\sigma_{0,2}$)	Относительное удлинение, %	
					δ_5	δ_{max}
Н	А400	390	590	Не менее 1,08	16	5
	А500	500	600			
	А600	600	700		14	
Е	А400	390	590	1,15 – 1,35	16	7
	А500	500	600			
	А600	600	700			

5.3.2 Влияние периодического профиля арматурного проката

В практике изготовления и применения арматуры для армирования сборного и монолитного железобетона есть профили, не включенные в ГОСТ 34028. Допускается возможность применения арматурных стержней с нестандартными профилями, если у такого применения имеется достаточное обоснование.

Все геометрические параметры профилей для контроля качества геометрических размеров и предельных отклонений стержней и изготовления калибров включены в ГОСТ 34028–2016.

Кроме абсолютных геометрических параметров профилей в ГОСТ 34028–2016 включено требование по минимальному значению относительной площади смятия поперечных ребер f_R (Таблица 5.2).

Таблица 5.2 – Минимальные значения относительной площади смятия поперечных ребер f_R

Номинальный диаметр, $d_н$, мм	Требования ГОСТ 34028 *
От 4,0 до 6,0 включ.	0,039
Св.6,0 » 8,0 »	0,045
» 8,0 » 10,0 »	0,052
» 10,0 » 40,0 »	0,056
Примечание *Значение, соответствующее нижним границам параметра, подсчитанная с учетом оценки уровня качества проката при долговременном контроле, согласно 8.14 ГОСТ 34028 для обеспеченности Р=0,95 при определении вероятной частоты отказов 5%.	

В железобетонных конструкциях высотных зданий рекомендуется применение арматурного проката с четырехсторонним периодическим профилем поверхности, т.к. такие профили показывают более высокие показатели по характеристике сцепления с бетоном. Для более полного представления отечественных разработок приведены сведения по нестандартным формам периодического профиля арматурных стержней (Рисунок 5.11).

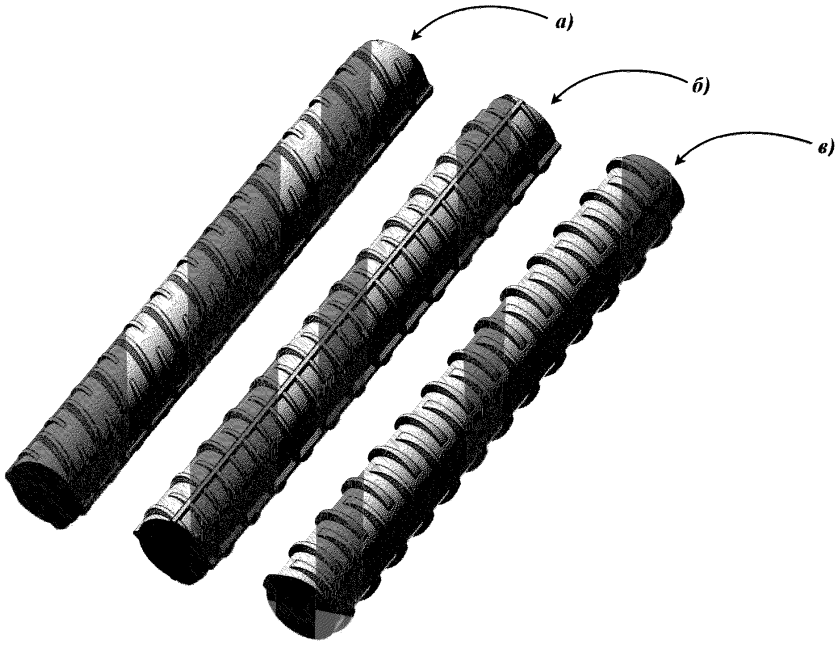

Рисунок 5.11 – Конфигурация нестандартных форм периодического профиля арматурного стержня

а – двухсторонний шестирядный [0];

б – двухсторонний четырехрядный с 4-мя продольными ребрами [0];

в – двухсторонний четырехрядный винтовой [0]

В промышленном производстве железобетона применяется конфигурация периодического профиля по [0] с маркировкой класса проката А500СП, не включенная в ГОСТ 34028 и которая может применяться заказчиками при условии соответствия требованиям ГОСТ 34028–2016.

Конфигурация периодического профиля класса А500СП [0], по способу изготовления и геометрии изготовления инструмента, имеет следующую полную классификацию – двухсторонний шестирядный периодический профиль с поперечными серповидными открытыми ребрами.

Согласно [0] для такого профиля имеется маркировка А500СП. Она привязана к классу прочности проката и не может быть применена к другому классу, что исключает унификацию такого периодического профиля и его применение без дополнительной разработки нового нормативного документа. Конфигурация периодического профиля, классифицируемого по [0] показаны на рисунке 5.11а).

Арматура класса А500СП объединила в себе положительные качества как арматуры с кольцевым (1ф), так и двухсторонним серповидным (2ф) профилем. Ее оценочные показатели по эффективности сцепления с бетоном более высокие, чем у арматуры со всеми известными видами профилей, и она сохраняет прочность сцепления с бетоном при очень больших (до 10%) пластических деформациях стержней при растягивающих напряжениях на уровне и выше предела текучести [0], [0], [0]. Этот показатель в 4–5 раз выше аналогичных показателей профилей вида 1ф и 2ф, что обеспечивает конструкциям зданий и сооружений повышенную стойкость против прогрессирующего обрушения, повышенную стойкость при сейсмических воздействиях, так как способствует более надежной работе анкерующих участков и нахлесточных соединений арматуры, а также перераспределению усилий в статически неопределенных конструктивных системах и диссипации (рассеянию) энергии при однократном кратковременном и циклическом многократном динамическом нагружении.

Арматура класса А500СП производится по [0] и применяется в строительстве по [0].

В настоящее время разработана новая конфигурация периодического профиля [0] с четырьмя рядами продольных ребер. Периодический профиль с новой конфигурацией создан путем объединения двух уже известных решений. Первое – конфигурация (расположение ребер) и второе – наличие более двух продольных рядов. В классификацию профиля вводится особенность, не применяемая ранее в Российской Федерации – наличие четырех продольных ребер, расположенных симметрично с четырех сторон круглого основания.

Согласно способу изготовления и геометрии изготовления инструмента, профиль имеет следующую полную индивидуальную классификацию – двухсторонний четырехрядный с поперечными закрытыми серповидными ребрами и четырьмя рядами продольных ребер, изготавливаемый по ТУ или СТО.

Конфигурация такого профиля не нормируется стандартом и к нему не может применяться маркировка по ГОСТ 34028. Конфигурация периодического профиля показаны на рисунке 5.11б).

Конфигурация профиля полностью соответствует признаку индивидуальной визуальной идентификации, так как обладает новизной относительно всех известных профилей как стандартных, так и не стандартных. Это позволяет прогнозировать при его использовании исключение нанесения маркировки, безошибочно идентифицировать на любых участках подготовки и производства армирующих изделий без рисков подмены и пересортицы в случае занесения такой конфигурации, например, в специально разработанный для этого реестр продукции и изделий строительного назначения.

В последнее время разработан периодический винтовой профиль с четырьмя рядами поперечных ребер [0].

Согласно способу производства и геометрии изготовления инструмента, профиль имеет следующую полную классификацию – двухсторонний четырехрядный с поперечными открытыми серповидными ребрами, расположенными по двухзаходной (или многозаходной) винтовой линии.

Конфигурация периодического профиля по [0] показана на рисунке 5.11в).

При заказе нестандартных профилей показатели f_R должны соответствовать требованиям ГОСТ 34028, а геометрические параметры соответствующим нормативным документам по производству арматурной стали.

Сводная информация по индивидуальной классификации нестандартных периодических профилей арматурного проката приведена в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Обобщенная информация по индивидуальной классификации стандартных и нестандартных периодических профилей арматурного проката отечественного производства

№ п\п	Маркировка	Детализация периодического профиля по его индивидуальной классификации	Ссылка на рисунок
1	Форма н2ф/6. ТУ14–1–5526–2006 (А500СП)	Нестандартный двухсторонний шестирядный с серповидными поперечными открытыми ребрами	Рисунок 5.11(а)
2	Форма н2ф/4–4. ТУ (СТО)	Нестандартный двухсторонний четырехрядный с серповидными поперечными закрытыми ребрами и четырьмя продольными ребрами	Рисунок 5.11 (б)
3	Форма н2ф/4 –в. ТУ 0950–007–83936644–2018 (Ав500П)	Нестандартный двухсторонний четырехрядный с серповидными поперечными открытыми ребрами, винтовой	Рисунок 5.11 (в)

Для обеспечения необходимой прочности и деформативности арматуры с бетоном, закладываемой в формулах и расчетах, важно гарантированное обеспечение геометрических параметров и значения относительной площади смятия поперечных ребер f_R.

Для профилей разных форм f_R может иметь разные границы значений, в особенности в большую сторону. Установлено, что оптимальное значение f_R =0,07–0,08. Дальнейшее увеличение практически не улучшает сцепления с бетоном.

Величина f_R – функция только геометрических размеров периодического профиля $f_R=F(h,t,b_1,e,d_ф)$. Изменение значений этих параметров приводит к изменению и f_R.

Согласно расчетным данным по определению f_R установлено, что наилучшими и соответствующими рекомендуемым оптимальным параметрам f_R обладают профили формы 1ф по ГОСТ 34028, параметры которых существенно превосходят рекомендуемые оптимальные, формы н2ф/6 (А500СП) по [0] и

н2ф/4–в по [0], параметры которых уверенно находятся в границах требований оптимального f_R.

В ГОСТ 34028–2016 включен увеличенный интервал шага ребер для профиля формы 1ф по сравнению с ГОСТ 5781. При такой конфигурации периодического профиля за счет увеличенного шага поперечных ребер заметно увеличивается объем бетонных шпонок между ребрами, в связи с чем достигается увеличение сцепления арматуры с бетоном. Увеличенный шаг поперечных ребер облегчает внедрение между ребрами фракций крупного заполнителя бетона; повышает прочность сцепления при выдергивании арматуры за счет работы бетонных шпонок на смятие; позволяет изменить технологическую и эксплуатационную функцию периодического профиля арматуры.

В таблице 5.4 приведены рекомендации по применению нестандартных периодических профилей арматурного проката для производства арматурных изделий конструкций высотных зданий.

Таблица 5.4 – Рекомендации по применению стандартных и нестандартных периодических профилей

№п\п	Маркировка	Среднее значение относительной площади смятия поперечных ребер f_R	Сегменты предпочтительного применения
1	Форма н2ф/6 ТУ14–1–5526–2006 (А500СП)	0,078	Для массового, ответственного, высотного строительства, применения в изгибаемых и внецентренно сжатых элементах с целью уменьшения ширины раскрытия трещин и предотвращения прогрессирующего разрушения конструкций.
2	Форма н2ф/4–4 ТУ (СТО)	0,072	Для индустриального изготовления армирующих изделий конструкций высотных зданий: сварных сеток и каркасов, гнутых элементов и хомутов, размотки, правка и резка на мерные длины из бухт и т.д.
3	Форма н2ф/4 –в ТУ 0950–007 83936644–2018 (Ав500П)	0,078	Использование аналогично форме н2ф/6 (А500СП) и для конструкций с повышенными требованиями по сопротивлению динамическим воздействиям, а также с винтовыми механическими соединениями арматурного проката с использованием винтовых муфт и гаек.

Арматурный прокат с четырехсторонним периодическим профилем обладает наиболее полным набором качеств оптимального профиля с учетом технологических факторов производства арматуры и оптимальных параметров сцепления. Из-за повышенных характеристик сцепления с бетоном при проектировании железобетонных конструкций высотных зданий, а также железобетонных конструкций на площадках сейсмичностью 7, 8 и 9 баллов следует отдавать предпочтение арматуре с периодическим профилем поверхности, имеющим четырехрядное расположение поперечных ребер и оптимальные значения относительной площади смятия.

5.3.3 Свариваемость арматурного проката

Прокат классов А400С, А500С и А600С гарантируется как свариваемый с одновременным выполнением следующих требований:

– химический состав стали по таблице 4 ГОСТ 34028–2016;

– введением в сталь для проката классов А500С и А600С одновременно, по отдельности или в любом сочетании легирующих элементов V, Nb, Mo в количестве до 0,10% для каждого элемента при их суммарной массовой доле не более 0,15%. Суммарная массовая доля легирующих элементов должна быть не менее 0,05%;

– значением углеродного эквивалента $C_{экв}$, %, не более, для проката класса:

А400С – 0,62 (0,64),

А500С, А600С – 0,50 (0,52).

Без скобок указано значение углеродного эквивалента, рассчитанного по массовой доле элементов по ковшовой пробе, в скобках – в готовом прокате;

– обеспечением прочностных свойств сварных соединений при испытании на отрыв, составляющих не менее 90% значений, установленных в таблицах 5 и 7 ГОСТ 34028–2016;

– удовлетворительными результатами испытаний на растяжение в соответствии с требованиями приложения Г ГОСТ 34028–2016.

В ГОСТ 34028 свариваемость введена как дополнительное техническое требование, устанавливаемое в заказе по согласованию с изготовителем. При этом свариваемость арматурного проката может быть гарантирована как значением углеродного эквивалента в пределах нижних и верхних границ, так и введением в сталь легирующих элементов ванадия, ниобия и молибдена в определенных в ГОСТ 34028 количествах.

В ГОСТ 34028 введены ограничения по применяемым способам сварки и типам сварных соединений в зависимости от класса арматурного проката и способа его производства. Например, арматурный прокат класса А240,

изготовленный, преимущественно из низкоуглеродистой стали общего назначения, полученный горячей прокаткой без контролируемого охлаждения, может быть использован как прокат с гарантированной свариваемостью без ограничений всеми способами сварки для всех типов сварных соединений. Арматурный прокат классов А400, А500 и А600, изготовленный преимущественно из углеродистой стали холодной обработкой мотков горячекатаного гладкого круглого проката с нанесением периодического профиля, может быть использован как прокат с ограниченной свариваемостью исключительно для сварки контактно–точечной сваркой. Арматурный прокат классов Ап600, А800 и А1000, изготовленный из углеродистых, низколегированных и легированных сталей и не отвечающий требованиям по свариваемости, считается непригодным к сварке и т.д.

Согласно ГОСТ 14098 сварные соединения арматуры классов А400С, А500С и А600С допустимы для диаметров, указанных в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Диаметры арматурной стали, применяемой в сварных соединениях

Тип сварного соединения		Диаметры арматурной стали, мм		
Наименование	Обозначение, номер	А400С	А500С	А600С
1	2	3	4	5
Крестообразное	К1	6 – 40	6 – 40	10 – 40
	К3	10 – 28	10 – 40	10 – 40
Стыковое	С1	10 – 40	10 – 40	10 – 40
	С5	20 – 40	–	–
	С7	20 – 40	–	–
	С8	20 – 40	–	–
	С10	20 – 40	–	–
	С14	20 – 40	20 – 32	20 – 40
	С15	20 – 40	20 – 32	20 – 40
	С17	20 – 40	20 – 40	20 – 40
	С19	20 – 40	20 – 40	20 – 40
	С21	10 – 40	10 – 40	10 – 40
	С23	10 – 25	10 – 25	10 – 25
Нахлесточное	Н1	10 – 32	10 – 32	10 – 32
	Н2	6 – 16	6 – 16	6 – 16
	Н3	12 – 16	12 – 16	12 – 16
Тавровое	Т1	8 – 40	8 – 40	–
	Т2	8 – 25	8 – 25	–
	Т11	12 – 25	12 – 25	12 – 25
	Т12	8 – 40	10 – 40	10 – 40

Свариваемость арматурного проката оценивается по результатам испытаний сварных соединений на срез, отрыв и изгиб. При отсутствии таких результатов прокат арматурный считается непригодным к сварке. В заказе и сопроводительных документах о качестве указываются слова «не свариваемый».

Этим гарантируется снижение рисков возникновения возможных технологических катастроф при поступлении на рынок арматурного проката с условным обозначением свариваемости в маркировке без реальной оценки на типовых сварных соединениях, как это, например, может произойти при использовании арматуры классов прочности А500С и В500С по ГОСТ Р 52544–2006. При этом в случае отсутствия требований к свариваемости, строители могут заказывать арматурный прокат без оценки свариваемости как гарантированной, так и ограниченной. В этом случае в заказе указывается слова «не свариваемый», а вся ответственность за последствия и риски применения такого проката ложится не на изготовителя, а на заказчика.

5.3.4 Выносливость арматурного проката

В железобетонных конструкциях высотных зданий, независимо от ветровых и сейсмических районах, рекомендуется применять арматурный прокат с гарантированным обеспечением выносливости при многократно повторяющихся циклических нагрузках (с индексом У по ГОСТ 34028) с требованиями, указанными в таблице 5.6.

Таблица 5.6 – Требования к испытаниям проката на выносливость при многократно повторяющихся циклических нагрузках

Параметр испытаний	Класс проката	
	А400	А500, А600
Число циклов до разрушения	Не менее 2 млн	
Максимальное напряжение $[\sigma_{max} = 0,6\sigma_{т}(\sigma_{0,2})]$, Н/мм^2	270	300
Амплитуда напряжений $\Delta\sigma(\sigma_{max} - \sigma_{min})$, Н/мм^2	150	
Частота приложения усилия *f*, Гц	От 1 до 200 включ.	
Величина свободной (центральной) зоны образца проката, мм	Не менее 140	

5.3.5 Коррозионная стойкость арматурного проката

В железобетонных конструкциях высотных зданий, для арматуры классов А400, А500 и А600, рекомендуется применять арматурный прокат с гарантированным обеспечением стойкости к коррозионному растрескиванию (с индексом К по ГОСТ 34028).

5.3.6 Качественные характеристики арматурного проката высотных зданий

Для оценки надежности обеспечения механических свойств арматурного проката в процессе производства, а также для долгосрочной оценки качества готового арматурного проката необходимым условием является введение статистических норм (с заданной вероятностью), позволяющих гарантировать перенос единичных результатов контрольных испытаний отдельных показателей на всю партию или весь объем производства продукции (генеральную выборку), изготовленной за установленный период времени. Для качественного и количественного определения значений границ статистического анализа механических свойств арматурного проката при стандартизации по классам прочности и сортаменту, а также для прогнозирования достижения и гарантированного обеспечения отечественными металлургическими предприятиями требований, закладываемых в ГОСТ 34028 разработана методика и проведены математические расчеты теоретических значений математического ожидания и среднеквадратического отклонения основных показателей технических требований при разных достоверных уровнях отказов от 10% до 1%. С целью предоставления предприятиям–производителям технической помощи для прогноза соответствия уровня механических свойств арматурного проката техническими требованиям разрабатываемого стандарта с разными уровнями достоверности принятых отказов от 10% до 1% по результатам фактических производственных испытаний.

Определение достигнутого (фактического) уровня изменчивости механических свойств арматурного проката (среднеквадратическое отклонение) и ожидаемого среднего значения, например, собственного сортового передела, использование результатов статистического анализа позволяет производителю самостоятельно оценивать прогнозируемый (вероятный) сегмент достоверного уровня отказов от 10% до 1%. Таким образом, изготовитель может прогнозировать вероятность обеспечения качественного уровня отказов, например, не 5 % (ГОСТ 34028), а, например, 1 % или 2 %. В конечном итоге при гарантированном статистическими расчетами фактическом уровне обеспечения механических свойств готовой продукции производитель арматурного проката может существенно поднять обеспеченность технических требований ГОСТ 34028, например, до P = 0,98, что может быть существенным конкурентным преимуществом по надежности обеспечения номинальных значений нормируемых механических свойств арматурного проката для высотных зданий. Кроме того, используя обратный алгоритм, производитель получает действенный механизм оценки своих технологических возможностей для повышения конкурентоспособности арматурного проката и прогнозирования дальнейшего развития производства путем анализа соотношения между ожидаемым средним и квадратическим отклонениями.

Для арматурного проката конструкций высотных зданий рекомендуется устанавливать значения величин с обеспеченностью P = 0,98 для геометрических и механических характеристик f_R, $\sigma_в$, $\sigma_т$ ($\sigma_{0,2}$) и $\sigma_в/\sigma_т$ ($\sigma_{0,2}$) для деформационных характеристик δ_5 (δ_p, δ_{max}) по ГОСТ 34028, которые считаются достоверными для всего объема производства за установленный период времени.

5.3.7 Использование высокопрочных сталей в строительстве высотных зданий

При проектировании конструктивных систем высотных зданий следует руководствоваться двумя критериями: прочностью конструкций и эксплуатационной способностью, что выражается деформационными характеристиками. Мировые тенденции по сокращению мест расположения и размеров несущих конструкций, подталкивают проектировщиков к вариантам уменьшения сечений несущих элементов высотных зданий.

Один из вариантов – использование высокопрочной стальной арматуры с высоким пределом текучести. Применение высокопрочной стали позволяет существенно увеличить использования в несущих конструкциях высокопрочных бетонов.

В колоннах с высокой сжимающей нагрузкой, с учетом применения арматуры диаметром более 40мм, сокращаются зоны расположения арматуры. Существуют некоторые недостатки – например, соединения стержней представляют собой соединители для концевых участков, которые работают преимущественно на сжатие, что препятствует их общему использованию в высотных зданиях. Арматуру классов А400, А500 и А600 целесообразно применять для осевого армирования балок и колонн на участках образования пластических шарниров. Арматурный прокат классов А800 и А1000 возможно применять для осевого армирования балок и колонны вне зон пластических шарниров, а также для поперечного армирования балок и колонн при сопротивлении сдвиговым воздействиям.

Преимущества применения высокопрочной арматуры в конструктивных элементах:

– увеличение прочности конструкции и уменьшение количества арматуры;

– при применении высокопрочного бетона, в случае уменьшения бетонного сечения, можно избежать переармирования с помощью высокопрочной арматуры, что ведет к упрощению строительства и контроля качества;

– применение высокопрочной поперечной арматуры позволит избежать хрупкого разрушения высокопрочного бетона, в также расширить сферу применения высокопрочного бетона.

Однако у высокопрочной арматуры есть следующие недостатки:

– имеющиеся в настоящее время высокопрочные стали не имеют выраженной площадки текучести и имеют небольшое пластическое удлинение до достижения разрушения. Это приводит к неэффективной работе конструктивных элементов, например сейсмостойких зданий и сооружений, где необходимо развитие больших пластических деформаций.

– для элементов, рассчитываемых по предельному состоянию второй группы на трещинообразование или развитие прогибов, высокопрочная арматуры не позволит сократить металлоемкость строительства. Для таких элементов, работающих на изгиб, высокопрочные арматурные элементы могут сократить объем стали, но перераспределение напряжений на бетон с помощью сцепления или анкеровки не увеличивается при увеличении прочности стали.

5.4 Детальное армирование железобетонных конструкций

Детальное армирование должно быть как можно более простым и обеспечивать согласованность различных элементов и точное местоположение арматурных стержней.

Положение арматуры следует устанавливать по привязкам к бетонным граням. Несмотря на то, что конструктивные элементы, такие как балка, плиты и колонны, армируются отдельно, необходимо рассматривать армирование сопряжений данных элементов как единое целое. Расположение арматуры в элементах влияет на расположение соседних элементов:

- при сопряжении балки с колонной, арматура балки не должна пересекаться с арматурой колонны, которая может быть забетонирована до армирования балки;
- при сопряжении балок, уровни слоев их армирования должны быть запроектированы так, чтобы отсутствовало пересечение арматурных стержней и соблюдение корректных защитных слоев;
- при сопряжении плит и балок верхний защитный слой балок должен быть достаточным для обеспечения корректного расположения верхнего армирования плит перекрытия.

На ранних стадиях проектирования целесообразно создать систему армирования конструктивных элементов, особенно в проектах, над которыми одновременно могут работать несколько проектировщиков по смежным конструктивным элементам. Детальное армирование должно выполняться так, чтобы арматурные каркасы можно было изготовить заранее. На рисунке 5.12 показана типичная схема армирования узла сопряжения колонны с балками.

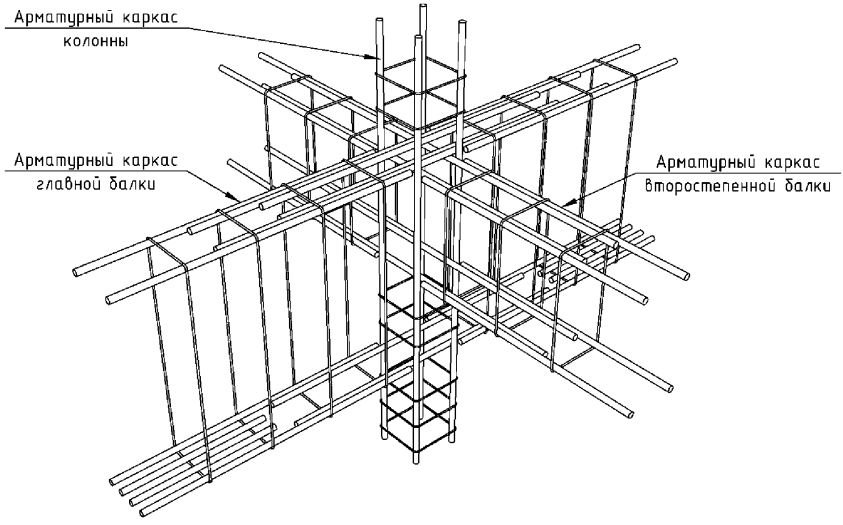

Рисунок 5.12 – Детальное армирование внутреннего узла сопряжения балок с колонной

На рисунках 5.13 и 5.14 приведены примеры торцевого пересечения балки и колонны.

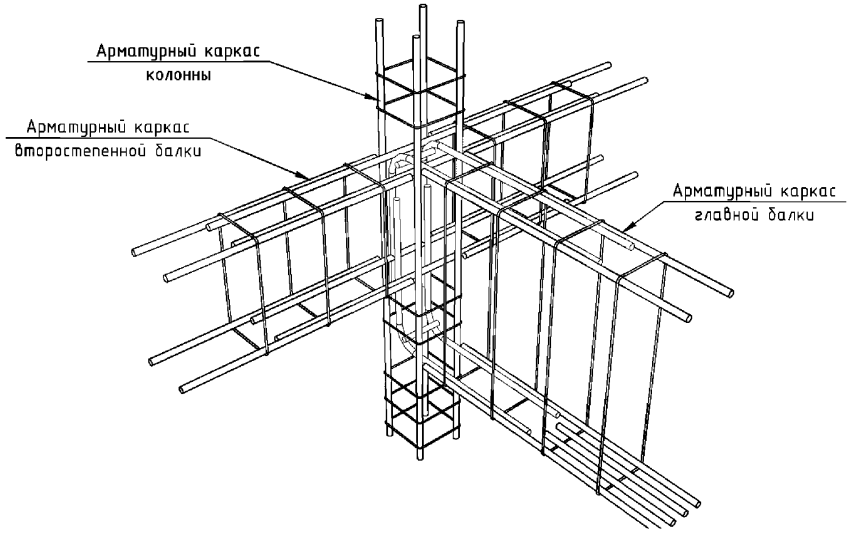

Рисунок 5.13 – Детальное армирование торцевого узла сопряжения балок с колонной

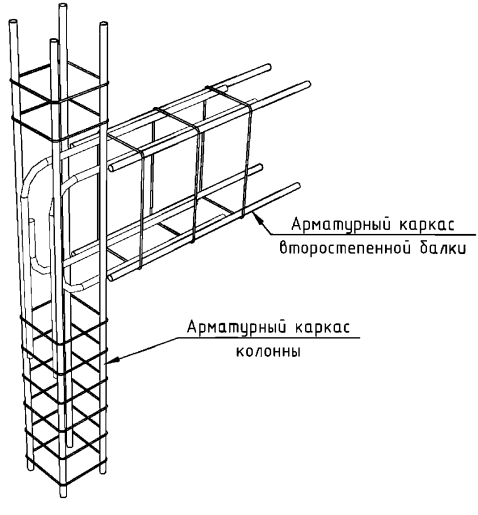

Рисунок 5.14 – Детальное армирование узла сопряжения второстепенной балки с колонной при анкеровке верхней арматуры в колонну

Каждый продольный стержень колонны должен фиксироваться хомутами или шпильками, за исключением случаев, когда расстояние между стержнями колонны составляет 150 мм или менее, при этом все остальные стержни должны быть зафиксированы.

В случае, когда продольное армирование колонны имеет место загиба, позиция арматуры колонны должна обеспечивать свободное пространство, необходимое для устройства армирования балок и плит и необходимого защитного слоя.

В случае, когда верхнее армирование балок возрастает в опорной зоне необходимо контролировать соблюдение необходимой величины защитного слоя.

Применение предварительно собранных арматурных каркасов повышает скорость и эффективность работы на строительной площадке. При этом арматурные каркасы могут достигать относительно больших весов. Заводское изготовление арматурных каркасов в специально отведенном для этого месте или вне строительной площадке, может иметь преимущества в плане безопасности строительства.

Метод соединения балки с торцевой колонной должен учитывать последовательность работ. *П*–образные стержни балок могут быть расположены внутри арматурного каркаса колонны. Такие стержни могут быть установлены после бетонирования колонны и до установки арматурного каркаса балки. Важно отметить, что *П*–образные стержни должны быть расположены как можно ближе к дальней грани колонны.

По требованиям расчета, верхняя арматура балки может быть заанкерована в колонну с помощью *L*–образного стержня, положение которого должно быть четко указано на чертежах. При этом эти *L*–образные стержни располагаются в колонне до установки арматурного каркаса балки. Если дополнительные стержни не зафиксированы в правильном положении, то возможны коллизии при армировании узла.

На рисунках 5.15 и 5.16 показаны примеры сложного пересечения балки и колонны больших сечений.

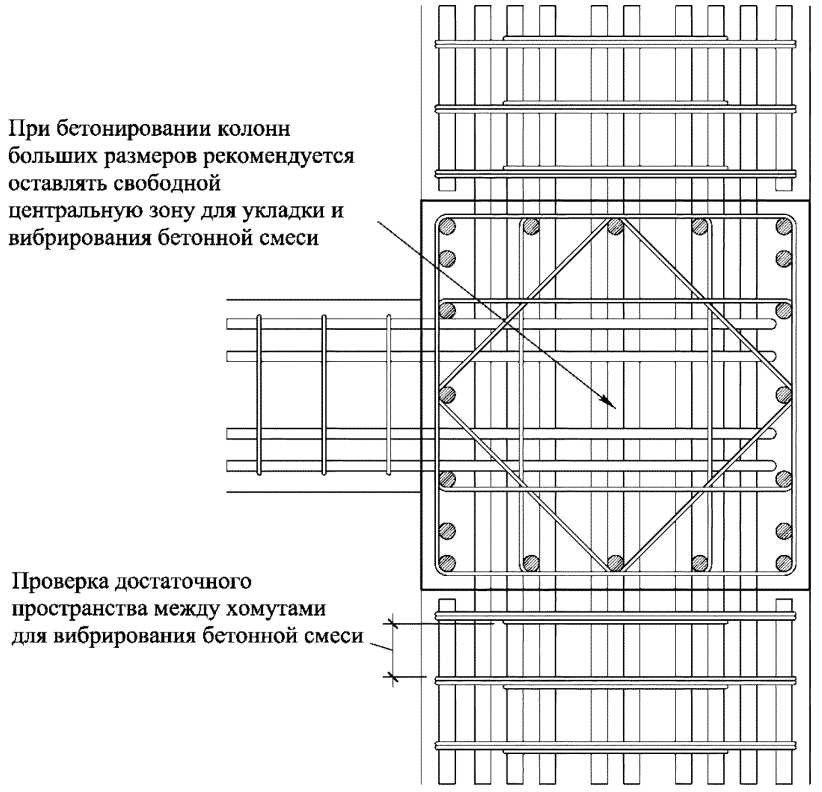

Рисунок 5.15 – План армирования узла пересечения колонны с балками

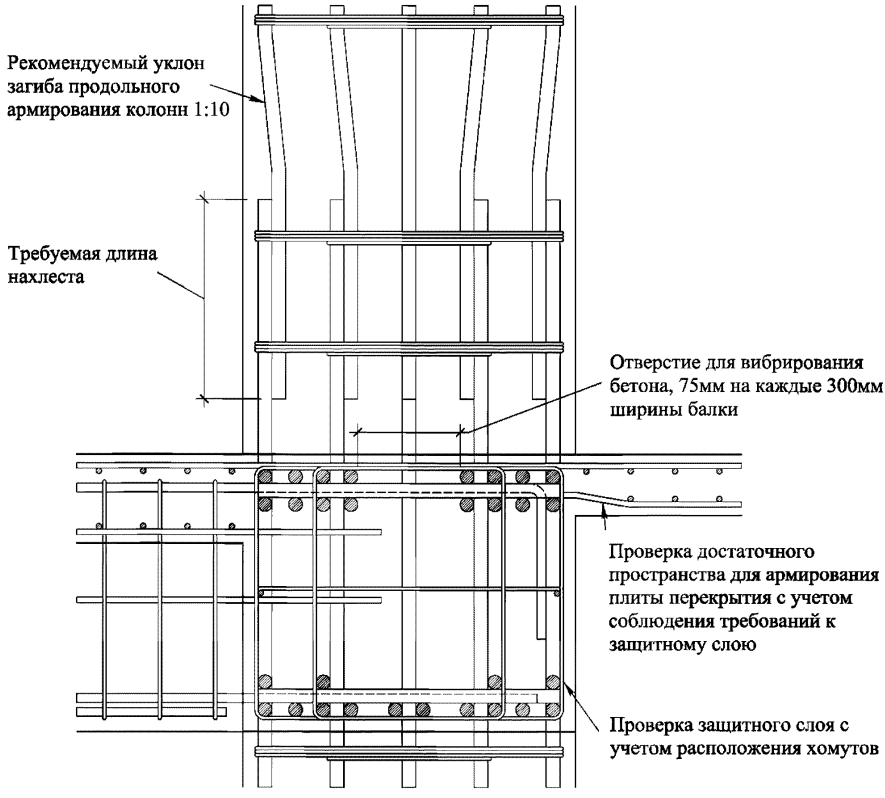

Рисунок 5.16 – Разрез армирования узла пересечения колонны с балками

Фактический размер и форма стержней влияют на пересечение и наслоение арматурных стержней. При детальном армировании необходимо учитывать, что максимальный размер диаметра арматурного стержня больше номинального диаметра, учитываемого при расчетах и при проектировании, что необходимо учитывать при взаимном расположении арматуры.

Максимальные размеры диаметров арматурного стержня по ГОСТ 34028 приведены в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Значения максимальных диаметров арматуры различного периодического профиля по ГОСТ 34028

Номинальный диаметр арматурного стержня	Формы периодического профиля согласно ГОСТ 34028–2016			
	1ф	2ф	3ф	4ф
	Максимальный диаметр арматурного стержня			
4,0			4,3	4,43
4,5			4,8	4,92
5,0			5,35	5,49
5,5			5,95	6,06
6,0	6,75	7	6,5	6,61
6,5			7	7,16
7,0			7,6	7,65
7,5			8,1	8,22
8,0	9	9,3	8,7	8,81
8,5			9,3	9,38
9,0			9,8	9,95
9,5			10,3	10,45
10,0	11,3	11,5	11	11,05
11,0			12,1	12,24
12,0	13,5	13,7	13,2	13,32
13,0				14,44
14,0	15,5	15,9		15,54
15,0				16,68
16,0	18	18		17,8
18,0	20	20,1		20
20,0	22	22,3		
22,0	24	24,5		
25,0	27	27,7		
28,0	30,5	31		
32,0	34,5	35,1		
36,0	39,5	39,5		
40,0	43,5	43,8		

Бетон имеет относительно небольшие деформации при сжатии, что ограничивает деформативность балок и колонн специальных рам, воспринимающих значительные моменты. Однако деформационная способность может быть значительно увеличена путем «заключения» бетонного сечения

усиливающими хомутами. Хомуты предотвращают повреждение ядра бетонного сечения при сжимающих нагружениях, что приводит к увеличению прочности и деформативности конструктивного элемента. Хомуты устанавливаются на концевых участках колонн и в узлах соединения балок с колоннами.

Хомуты должны охватывать все поперечное бетонное сечение и быть замкнуты с помощью крюков, что предотвращает раскрытие хомута при разрушении защитного слоя. Крюки охватывают продольное армирования для повышения эффективности совместной работы бетонного сечения с поперечной арматурой.

Большие знакопеременные нагрузки приводят к разрушению защитного слоя, что приводит к снижению прочности сцепления арматуры с бетоном и прочности арматурных соединений. Соединения нахлеста должны быть расположены вдали от сечений с максимальными моментами и зафиксированы поперечным армированием для предотвращения разрушения соединения. Арматурные стержни, проходящие через узлы сопряжения балки с колонной воспринимают значительные напряжения сцепления. Арматурные стержни балок в торцевых узловых соединениях анкеруются с помощью крюков, которые располагаются на дальней торцевой стороне колонны. Механические соединения арматуры, расположенные на участках, где вероятна возможность нелинейных деформаций, должны обеспечивать прочность соединения, соразмерную с прочностью арматурного стержня.

5.4.1 Поверхностное армирование железобетонных конструкций

Для арматурных стержней диаметром свыше 32 мм рекомендуется соблюдать следующие правила.

При использовании стержней большого диаметра трещинообразование конструкции может контролироваться с помощью дополнительного усиления поверхности, либо путем расчета ширины раскрытия трещин.

Для стержней большого диаметра не рекомендуется использовать соединения внахлест. Исключением могут быть конструкции, наименьший размер которых составляет 1,0 м или в которых напряжение не превышает 80 % предела прочности конструкции. В любом случае, такие стержни рекомендуется стыковать с помощью механических соединений.

Поверхностное армирование может использоваться для обеспечения достаточной устойчивости бетонного покрытия к растрескиванию.

Поверхностное армирование следует использовать, если:

- диаметр продольной арматуры более 32 мм;
- приведенная площадь арматурных пучков более 32 мм^2.

Поверхностная арматура, состоящая из сварной проволочной сетки или стержней мелкого диаметра, должна быть размещена снаружи поперечных хомутов, как показано на рисунке 5.17.

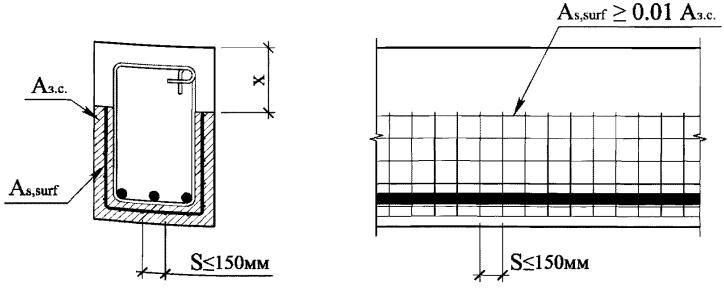

Рисунок 5.17 – Пример поверхностного армирования

Площадь поверхностного армирования $A_{s,surf}$ должна быть не меньше $0,01A_{з.с.}$ в направлениях, параллельных и перпендикулярных растяжению в балке.

Если защитный слой превышает 70 мм, следует использовать поверхностное армирование площадью $0,005A_{з.с.}$ в каждом направлении для повышения долговечности.

Продольные стержни поверхностного армирования могут рассматриваться как рабочие для восприятия приложенных усилий.

При применении поверхностного армирования следует использовать бетон достаточной подвижности, который требует особого контроля при заливке и уплотнении.

Приложение А

Типовые узлы армирования железобетонных конструкций

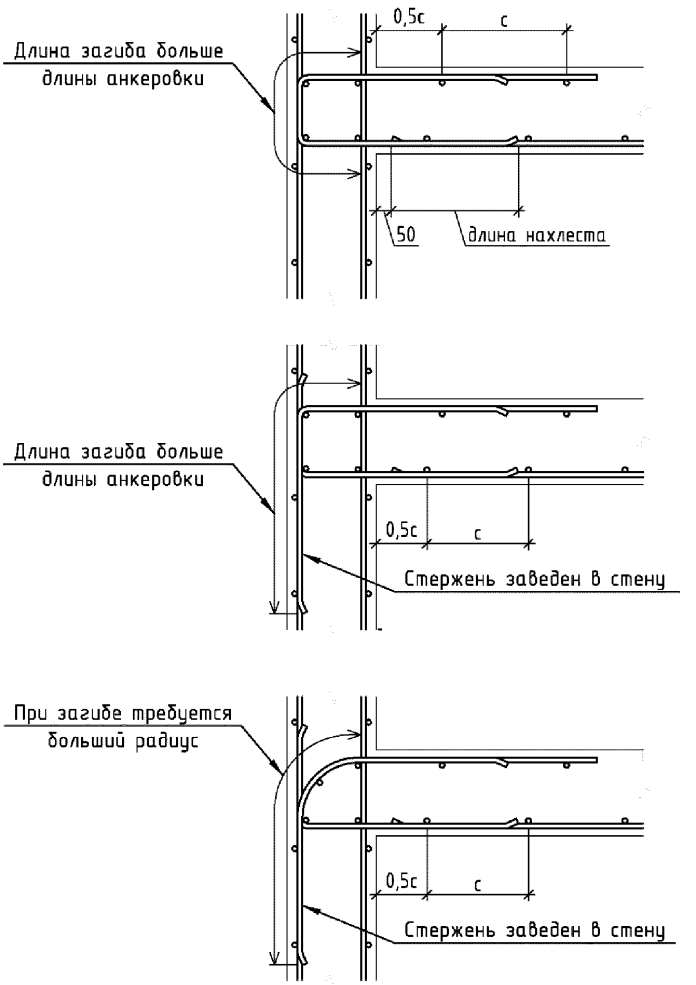

Рисунок 0.1 – Типовой узел сопряжения перекрытия и стены

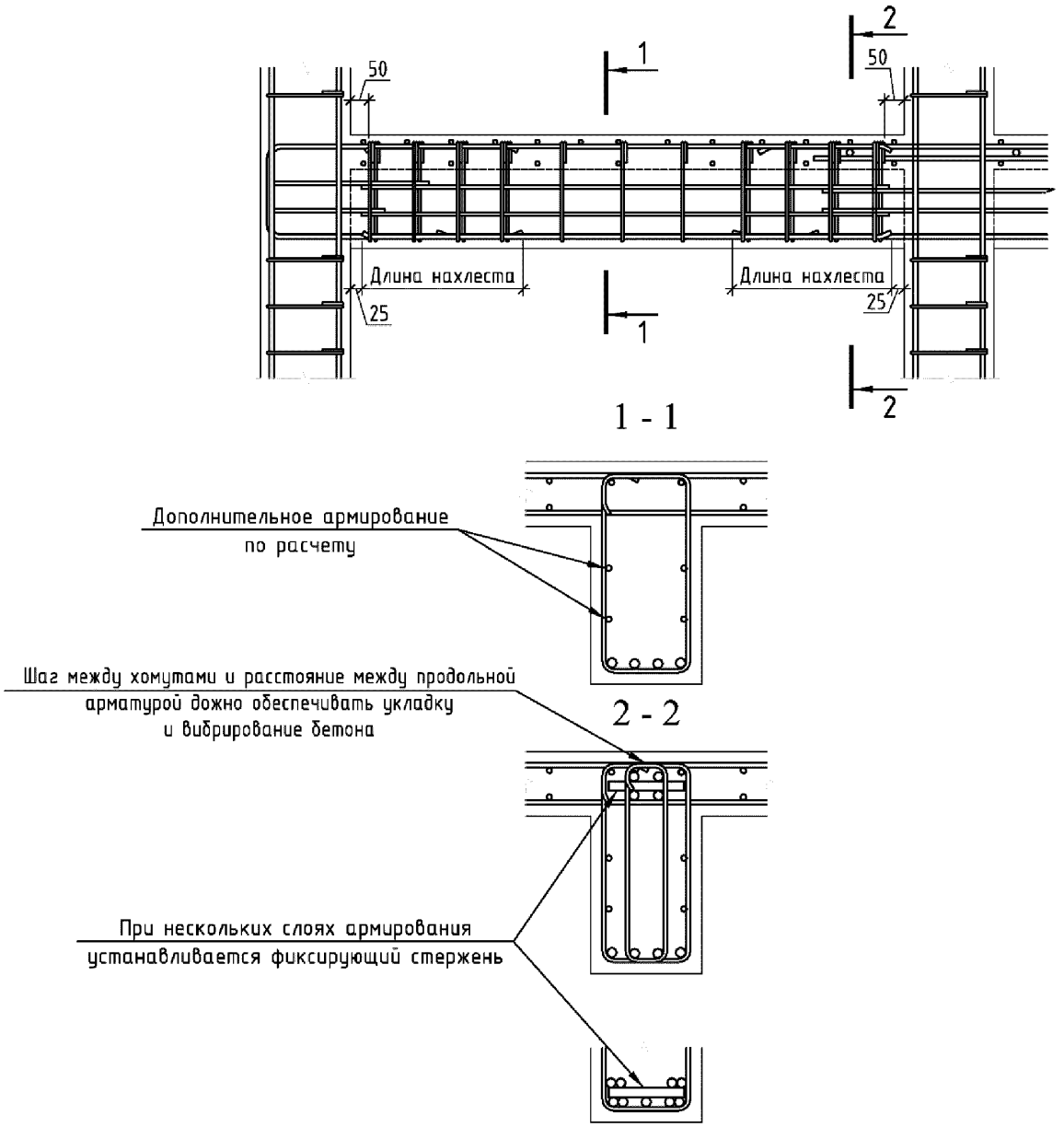

Рисунок 0.2 – Узлы армирование балок

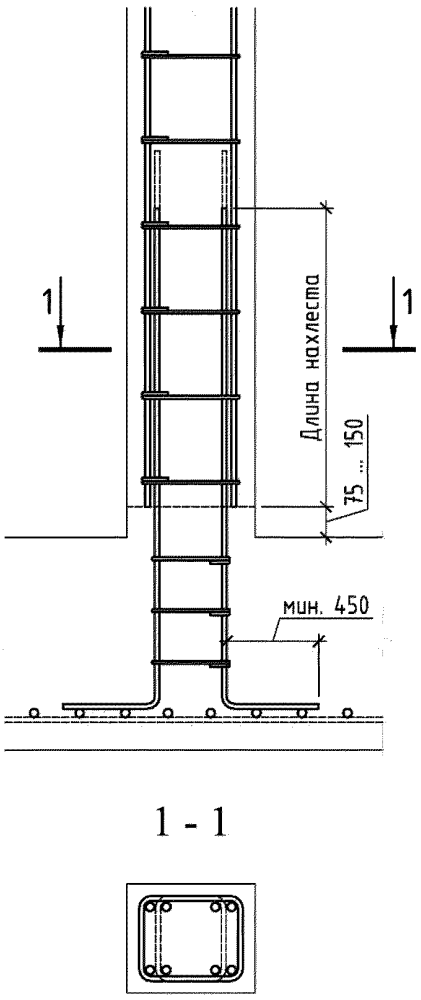

Рисунок 0.3 – Узел сопряжения колонны и фундаментной плиты

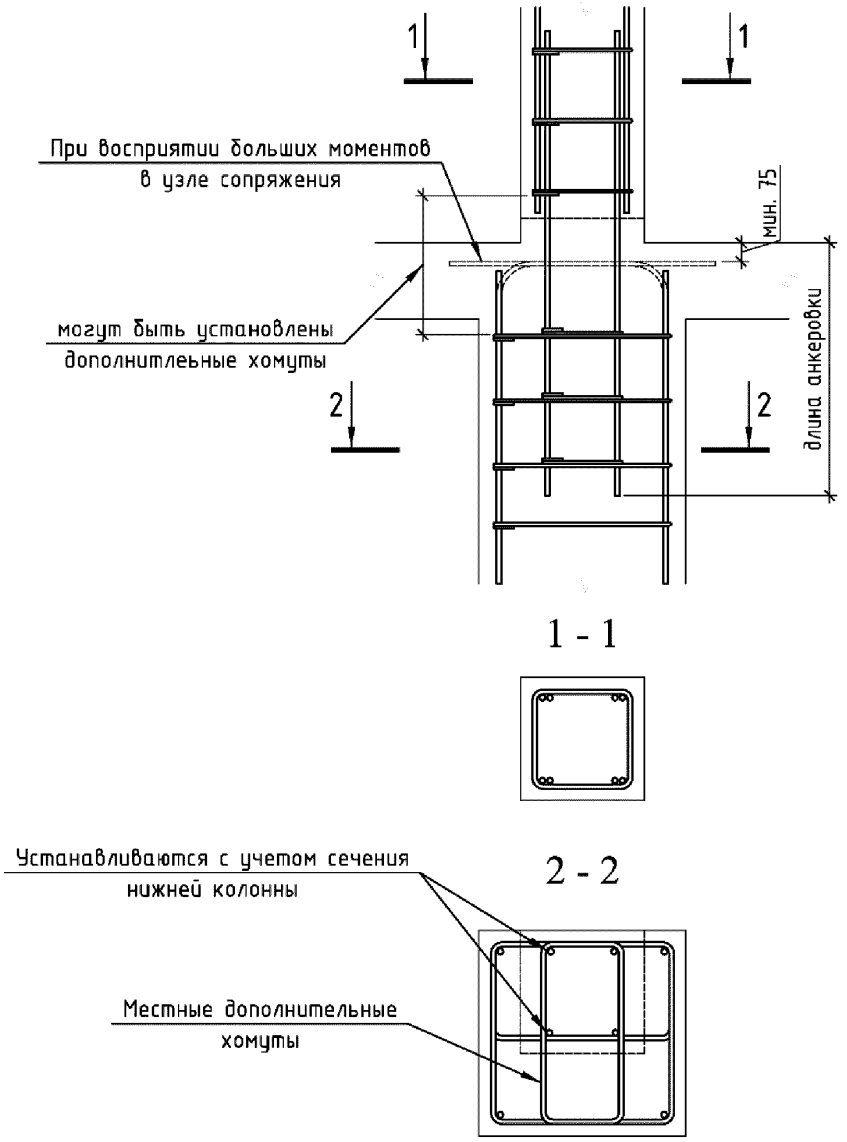

Рисунок 0.4 – Узел сопряжения колонн разного сечения и плиты перекрытия

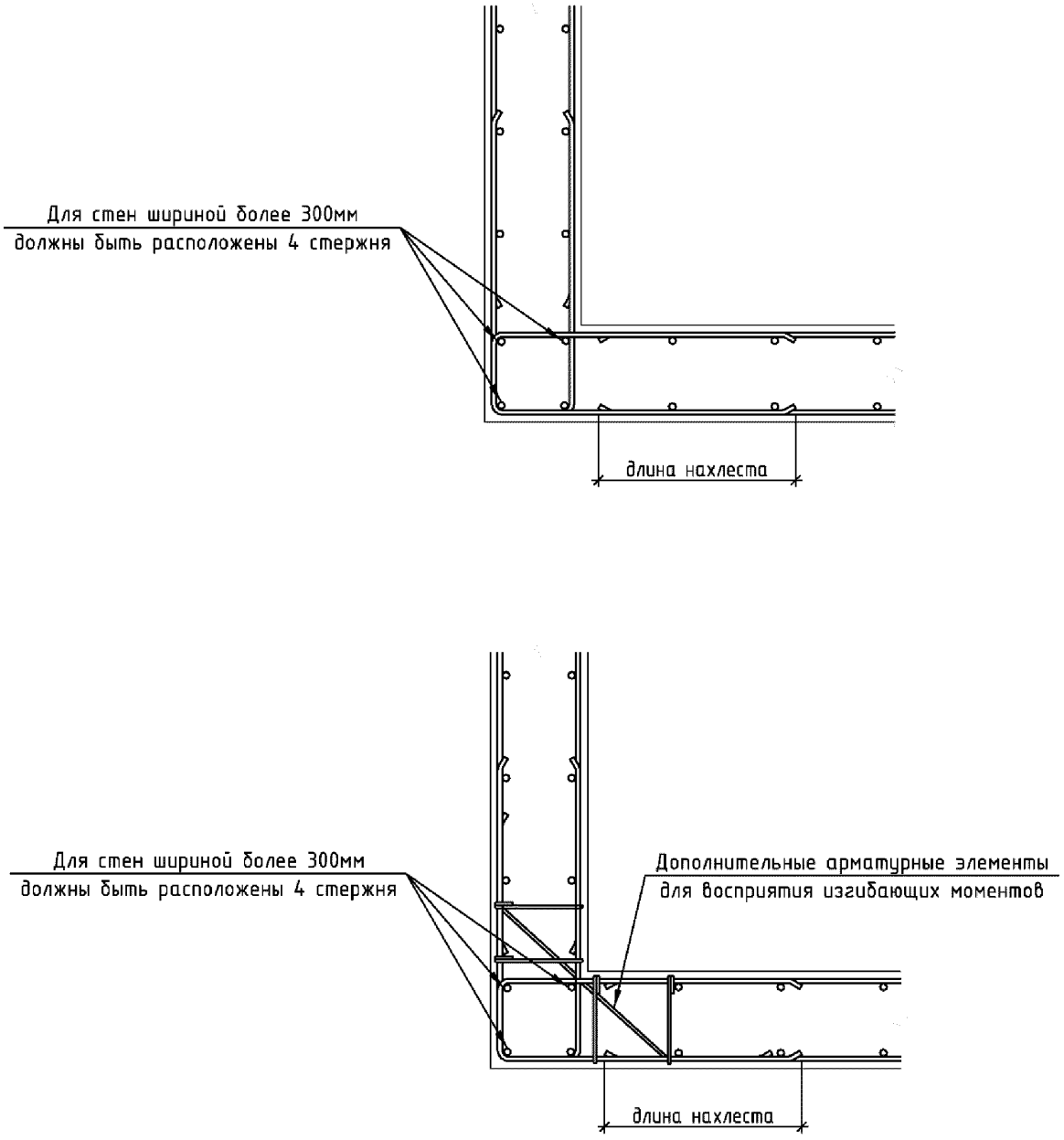

Рисунок 0.5 – Узлы сопряжения стен

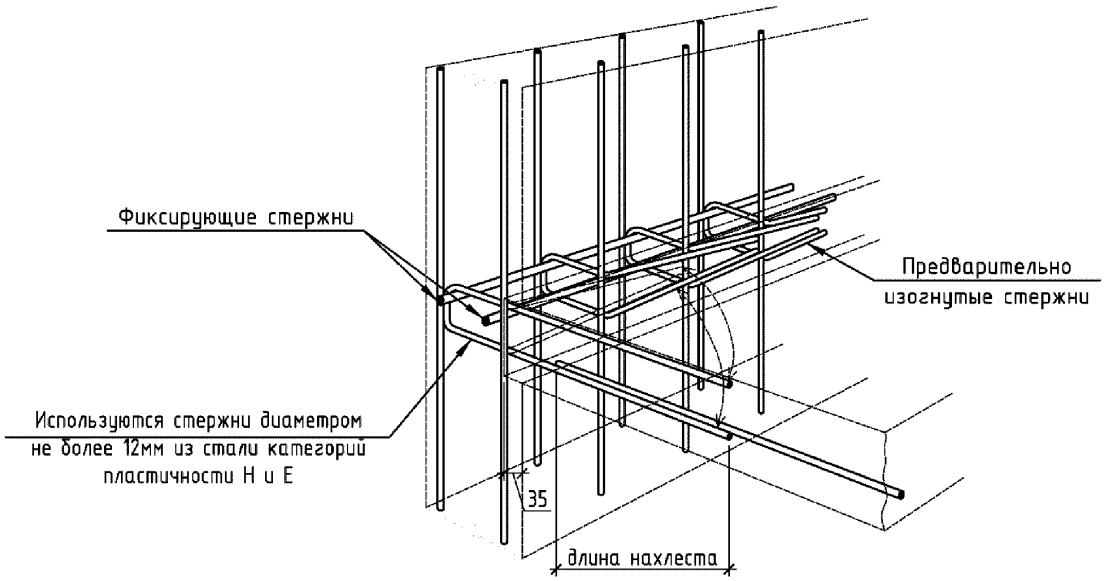

Рисунок 0.6 – Узел сопряжения перекрытия и стены

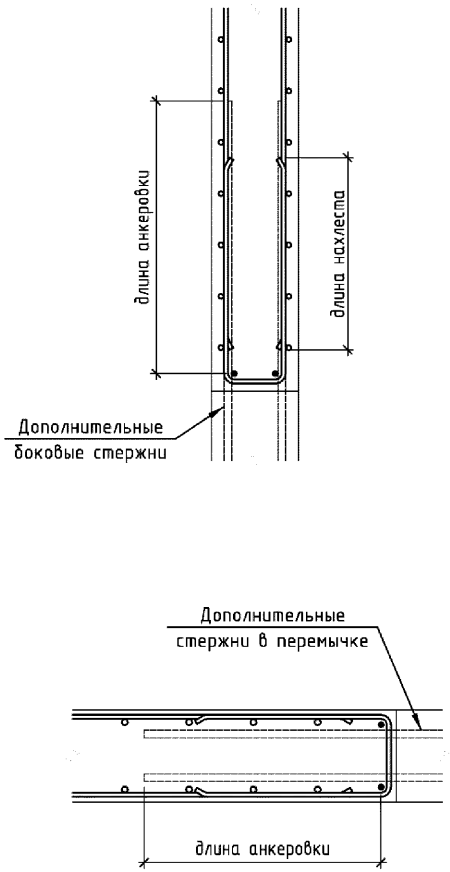

Рисунок 0.7 – Узел обрамления отверстия в стене

Библиография

[1] Научно-исследовательская и опытно-конструкторская работа по теме: «Исследование прочности и трещиностойкости изгибаемых железобетонных конструкций с применением арматурного проката классов А500Н и А500Е по ГОСТ 34028–2016».

[2] ТУ 14-1-5526-2006 с изм. № 1–4. Прокат арматурный класса А500СП с эффективным периодическим профилем.

[3] Патент RU №2602251.

[4] ТУ 0950-007-83936644-2018. Прокат арматурный винтового профиля класса А500 с двух и четырехрядным расположением поперечных ребер в комплекте с соединительными муфтами и гайками. ТМПЗ, АО «НИЦ «Строительство».

[5] СТО 36554501-005-2006** Применение арматуры класса А500СП в железобетонных конструкциях. АО «НИЦ «Строительство». М.2013.

[6] Тихонов И.Н., Мешков В.З., Звездов А.И., Саврасов И.П. Эффективная арматура для железобетонных конструкций зданий, проектируемых с учетом воздействия особых нагрузок. // Строительные материалы. 2017. № 3. с. 39–45.

[7] Тихонов И.Н., Елшина Л.И. О влиянии свойств новых видов арматурного проката на надежность и экономическую эффективность железобетонных конструкций. Вестник «НИЦ «Строительство» «Бетон и железобетон – проблемы и перспективы». №1(12)2017. с. 54–67.

[8] Тихонов И.Н. Оценка эффективности арматурного проката с различными видами периодического профиля поверхности. Журнал Строительные материалы, 2013, март, стр. 31–34.

gost.e-ecolog.ru