

УДК 624.012.3/4:691.328.2

[https://doi.org/10.37538/2224-9494-2020-4\(27\)-18-27](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2020-4(27)-18-27)

РАЗРАБОТКА СВОДА ПРАВИЛ «МОНОЛИТНЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ. ПРАВИЛА ПРОЕКТИРОВАНИЯ»

THE DEVELOPMENT OF THE CODE OF RULES 'MONOLITHIC STRUCTURAL SYSTEMS. DESIGN RULES'

С. А. ЗЕНИН, канд. техн. наук

Р. Ш. ШАРИПОВ, канд. техн. наук

Е. А. ЧИСТЯКОВ, д-р техн. наук

О. В. КУДИНОВ

Изложены сведения о разработанном проекте свода правил СП «Монолитные конструктивные системы. Правила проектирования». Описана структура проекта СП и приведены основные положения по проектированию конструктивных систем зданий из монолитного железобетона. При разработке проекта СП учтен опыт применения норм предыдущего поколения – СП 52-103-2007 «Железобетонные монолитные конструкции зданий».

Data on the developed draft of the Set of rules 'Monolithic structural systems. Design rules' are stated. The structure of the draft of the Set of rules is described and basic provisions on the design of constructive systems of buildings from monolithic reinforced concrete are given. When developing the draft of the set of rules experience of use of norms of the previous generation – the Set of rules 52-103-2007 'Reinforced monolithic concrete structures of buildings' – was considered.

Ключевые слова:

Конструирование, монолитные железобетонные конструкции, расчет, свод правил

Key words:

Calculation, code of practice, design, monolithic reinforced concrete

Выполнению рассматриваемой работы предшествовал анализ существующих нормативных и технических документов, как отечественных, так и зарубежных, затрагивающих проблему проектирования конструктивных систем зданий из монолитного железобетона. Указанный вопрос является весьма актуальным, так как в действующих нормативных доку-

ментах излагаются только общие положения по расчету конструктивных систем монолитных зданий, без их детализации.

Следует отметить, что при разработке рассматриваемого свода правил был учтен опыт применения норм предыдущего поколения – СП 52-103-2007 «Железобетонные монолитные конструкции зданий», подготовленного авторским коллективом НИИЖБ им. А. А. Гвоздева: А. С. Залесовым, А. С. Семченковым, Е. А. Чистяковым, С. Б. Крыловым и Р. Ш. Шариповым.

СП 52-103-2007 уже достаточно апробирован в практике проектирования монолитных железобетонных конструкций. Однако, согласно принятой в настоящее время системе технического регулирования, этот свод правил не входит в перечень норм обязательного или добровольного применения. Таким образом, проектировщики оказались в ситуации, когда в действующей нормативной базе отсутствуют детальные и конкретные указания по проектированию монолитных конструктивных систем и их конструкций. Также за время, которое прошло с момента выхода СП 52-103-2007, в существующей нормативной базе произошли серьезные изменения, которые необходимо учитывать. Кроме того, отдельные положения норм требовали соответствующих уточнений, корректировок и дополнений. В связи с этим в 2018 г. институтом НИИЖБ им. А. А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство» в рамках мероприятий по совершенствованию технического регулирования в строительной сфере была выполнена разработка свода правил СП «Монолитные конструктивные системы. Правила проектирования».

Структура разработанного СП содержит 7 разделов, одно приложение и библиографию.

Согласно первому разделу СП – «Область применения» – свод правил распространяется на проектирование конструктивных систем зданий (сооружений) гражданского назначения (жилые и общественные), в которых все основные несущие элементы (колонны, пилоны, стены, перекрытия, покрытия, фундаменты) выполняют из монолитного железобетона.

Свод правил не распространяется на проектирование конструкций усиления из монолитного железобетона.

Второй раздел содержит перечень нормативных документов, на которые в СП имеются соответствующие ссылки. Всего таких нормативных документов 21, из них два ГОСТа и 19 СП.

Третий раздел СП – «Термины и определения». В своде правил применены термины по ГОСТ 27751, ГОСТ 26633, СП 20.13330, СП 63.13330. Также введены следующие термины с соответствующими определениями: конструктивная система здания (сооружения), монолитная конструктивная система, ядро жесткости.

Раздел 4 свода правил назван «Общие положения». Как следует из названия, в данном разделе собраны общие положения по проектированию конструктивных систем зданий из железобетона. Отражена необходимость обеспечения требований по пожаробезопасности, надежности, долговечности, тепло- и звукоизоляции, коррозионной стойкости, прочности, трещиностойкости и деформативности, установленные в соответствующих нормативных документах. Приведены соответствующие требования к нагрузкам и материалам.

Пятый раздел СП – «Конструктивные решения монолитных железобетонных зданий и сооружений» – содержит два подраздела. Первый подраздел – «Конструктивные системы», второй подраздел – «Несущие железобетонные конструкции».

В первом подразделе содержится описание различных типов конструктивных систем (каркасные, стеновые, каркасно-стеновые). Приведены указания по их проектированию,

описаны конструктивные мероприятия при нерегулярности конструктивных систем. Также содержатся указания по конструкциям деформационных швов в монолитных конструктивных системах.

Второй подраздел содержит указания по проектированию основных представителей несущих конструкций монолитных конструктивных систем зданий и сооружений: фундаменты, плиты, колонны, пилоны и стены. Помещены рекомендации по назначению оптимальных размеров поперечных сечений несущих конструкций, минимальных классов бетона и содержанию арматуры. Отдельно выделены рекомендации по проектированию конструкций перекрытий с напрягаемой арматурой без сцепления с бетоном.

Раздел 6 свода правил «Требования к расчету монолитных конструктивных систем» содержит 4 подраздела.

Первый подраздел излагает основные принципы расчета конструктивных систем и их элементов. Во втором подразделе приведены непосредственно требования к расчету конструктивных систем. В этом подразделе указывается, что в общем случае расчет выполняют на действие:

- усилий, возникающих в несущих элементах и узлах, по результатам общего расчета конструктивной системы на всех стадиях (возведения и эксплуатации);
- горизонтальных перемещений верха;
- первых форм собственных колебаний;
- формы и устойчивости положения (опрокидывание);
- перекосов этажных ячеек (при расчетах конструкций фасадов);
- максимальной (средней) осадки, относительной разности осадок фундамента;
- прогибов плит перекрытий;
- ускорений колебаний перекрытий верхних этажей.

Приведены указания по выполнению расчетов в пространственной постановке с учетом работы фундаментов и основания, учету стадийности возведения. Помещены детальные указания по назначению жесткостей несущих элементов при выполнении расчетов конструктивной системы для различных стадий расчета.

В частности, на первой стадии расчета для оценки усилий в элементах монолитной конструктивной системы допускается принимать линейные жесткости элементов, имея в виду, что распределение усилий в элементах монолитной конструктивной системы зависит не от значения, а, в основном, от соотношения жесткостей этих элементов. Для более точной оценки распределения усилий в элементах конструктивной системы рекомендуется на данной стадии расчета принимать приближенные значения нелинейных жесткостей с учетом условных понижающих коэффициентов. При этом необходимо учитывать существенное снижение жесткостей в изгибаемых плитных элементах (в результате возможного образования трещин) по сравнению с внецентренно сжатыми элементами.

В первом приближении рекомендуется принимать значения понижающих коэффициентов равными:

- 0,6 – для вертикальных сжатых несущих элементов;
- 0,3 – для несущих горизонтальных элементов.

По найденным усилиям определяют армирование элементов конструктивной системы, которое учитывают при определении жесткостей элементов согласно СП 63.13330, применяемых для уточнения усилий на последующих стадиях расчета.

Также даны отдельные указания по правилам определения основных параметров конструктивной системы в части учета нагрузок, назначения жесткостей элементов и т. п.

Отдельно помещены положения по расчету монолитных конструктивных систем на стадии их возведения с учетом снятия и перестановки опалубки и температурных воздействий эксплуатационного и строительного периодов.

В следующем подразделе приведены указания по расчету несущих железобетонных элементов. В общем случае расчеты железобетонных элементов монолитной конструктивной системы выполняют согласно СП 63.13330 и настоящему своду правил. В этом подразделе приведены уточненные и развернутые положения по расчету несущих элементов. В частности, показаны дополнительные схемы для расчета плоских плит на продавливание около торцов стен.

Расчет плит на продавливание около торцов стен проводят для расчетного контура поперечного сечения плиты, расположенного у торца стены, на расстоянии $h_0/2$ от контура поперечного сечения стены и состоящего из трех участков: первого участка, расположенного параллельно торцу стены, и двух участков, расположенных параллельно длине стены и равных длине участка, параллельного торцу стены (рис. 1).

При расположении торцов стен у края плиты помимо указанного ранее расчетного контура плиты рассматривают также расчетный контур, состоящий из двух прямолинейных участков, следующих от края плиты на расстоянии $h_0/2$ от граней стены вдоль длины стены на расстоянии от торца стены, равном толщине стены (см. рис. 1, б).

Расчет ведут по правилам, приведенным в п. 8.1.46 СП 63.13330.2012. При этом сосредоточенную нормальную силу F от внешней нагрузки, действующую на рассматриваемое расчетное поперечное сечение плиты, принимают равной равнодействующей всех поперечных сил, действующих по длине рассматриваемого контура поперечного сечения плиты, а сосредоточенный момент M учитывают только в направлении Y (из плоскости стены) и принимают при расчете плиты на продавливание равным половине разности изгибающих моментов в плите, действующих по обе стороны стены на участках контура расчетного поперечного сечения плиты, параллельных длине стены (см. рис. 1, а).

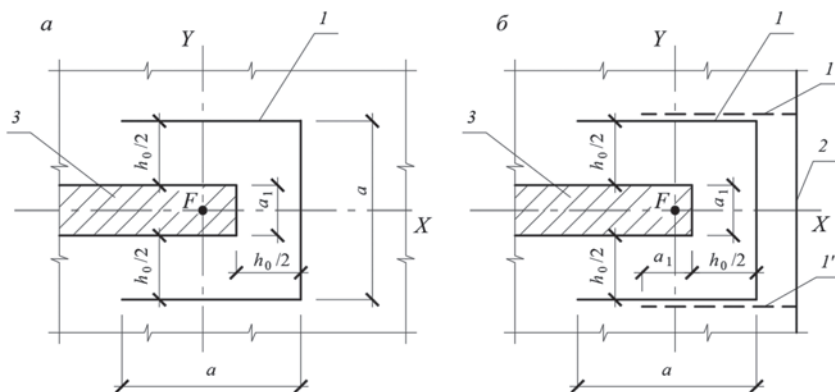


Рис. 1. Схемы расчетных контуров поперечного сечения при продавливании плоских плит: а – около стен, расположенных внутри площади плит; б – около стен, расположенных у края плит; 1 – контур расчетного поперечного сечения; 1' – второй вариант расположения контура расчетного поперечного сечения; 2 – край плиты; 3 – площадь приложения нагрузки

Расчет плиты на продавливание около угла стены выполняют только на действие продольной силы F (без учета момента), принимаемой равной равнодействующей поперечных сил, действующих на длине всех участков контура расчетного поперечного сечения плиты согласно рис. 2.

Расчет подвешенной к вышележащей стене плиты на продавливание (отрыв) проводят аналогично уже указанным случаям, но по контуру расчетного поперечного сечения плиты, отстоящего от крайних стержней подвешивающей плиту арматуры, определяемой из расчета на отрыв, на расстоянии $h_0/2$ (рис. 3). При необходимости постановки поперечной арматуры на продавливание подвешивающие стержни в расчете не учитывают.

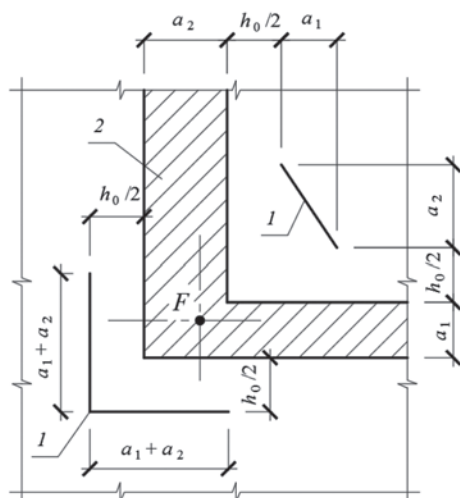


Рис. 2. Схема расчетных контуров поперечного сечения при продавливании плоских плит около углов стен:
1 – контур расчетного поперечного сечения;
2 – площадь приложения нагрузки

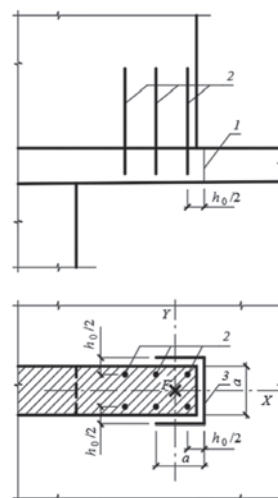


Рис. 3. Схема для расчета на продавливание плоской плиты при подвеске перекрытия к вышележащей стене:
1 – расчетное поперечное сечение;
2 – подвешивающие арматурные стержни;
3 – контур расчетного поперечного сечения

При определении расчетного контура поперечного сечения на продавливание необходимо учитывать фактическое положение отверстий в опорных зонах несущих горизонтальных конструкций.

На опорах изгибаемых конструкций с подрезкой (например, сопряжения балок или плит в зонах деформационных швов) необходимо выполнять проверку прочности по сжатой наклонной полосе короткой консоли подрезки и проверку прочности наклонных сечений на действие поперечных сил и изгибающих моментов (рис. 4).

В общем случае расчеты по наклонным сечениям выполняют согласно пп. 8.1.31-8.1.35 СП 63.13330.2012. При этом в качестве рабочей высоты сечения принимают рабочую высоту короткой консоли h_{01} , образованной подрезкой, а в случае отсутствия анкеровки продольной арматуры в зоне подрезки расчет по наклонным сечениям следует выполнять на действие поперечных сил и изгибающих моментов, увеличенных на 20%.

Расчет короткой консоли подрезки выполняют согласно приложению Ж СП 63.13330.2012, принимая направление наклонной сжатой полосы от наружного края площадки опирания

до равнодействующей усилий в поперечной подвешивающей арматуре на уровне сжатой арматуры конструкции.

При отсутствии анкерки нижней арматуры в зоне подрезки конструкции следует выполнять проверку прочности наклонного сечения, расположенного вне подрезки и начинающегося на расстоянии не менее $h_0 - h_{01}$ от торца. При этом в расчете не учитывают продольную арматуру короткой консоли, а длину проекции C принимают не менее расстояния от начала наклонного сечения до конца указанной арматуры.

Для смежной конструкции с подрезкой выполняют аналогичные проверки.

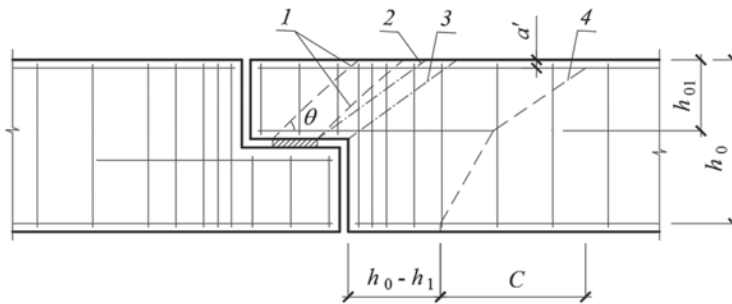


Рис. 4. Расположение расчетных наклонных сечений для расчета конструкций с подрезками:

1 – наклонная сжатая полоса; 2 – наклонное сечение для расчета на действие поперечных сил;

3 – наклонное сечение для расчета на действие изгибающих моментов и поперечных сил;

4 – наклонное сечение для расчета на действие изгибающих моментов и поперечных сил вне подрезки

Для узлов сопряжений балок различных направлений с различной высотой поперечного сечения необходимо выполнять проверку прочности балок большей высоты поперечного сечения на отрыв от действия опорных реакций примыкающих балок меньшей высоты поперечного сечения. Опорные реакции определяют из общего расчета конструктивной системы и прикладывают в пределах высоты сечения или к нижней грани балок большей высоты поперечного сечения (рис. 5). Расчет на отрыв ведут из условия:

$$F \cdot \left(1 - \frac{h_s}{h_0}\right) \leq \sum R_{sw} A_{sw} \quad (1)$$

где F – опорная реакция примыкающего элемента (балки, консоли);

h_s – расстояние от центра тяжести сжатой зоны примыкающего элемента до центра тяжести продольной арматуры;

$\sum R_{sw} A_{sw}$ – сумма поперечных усилий, воспринимаемых хомутами, установленными дополнительно сверх требуемых по расчету наклонного или пространственного сечения согласно пп. 8.1.32-8.1.42 СП 63.13330.2012. Хомуты располагают на длине зоны отрыва, равной

$$a = 2h_s + b, \quad (2)$$

где b – ширина примыкающего элемента,

h_s – расстояние от центра тяжести сжатой зоны примыкающего элемента до центра тяжести продольной арматуры A_s .

При этом высоту сжатой зоны опорного сечения примыкающего элемента допускается принимать равной $x/0,8$, где x – высота сжатой зоны, определенная из расчета по прочности и принимаемая не менее $2a'$.

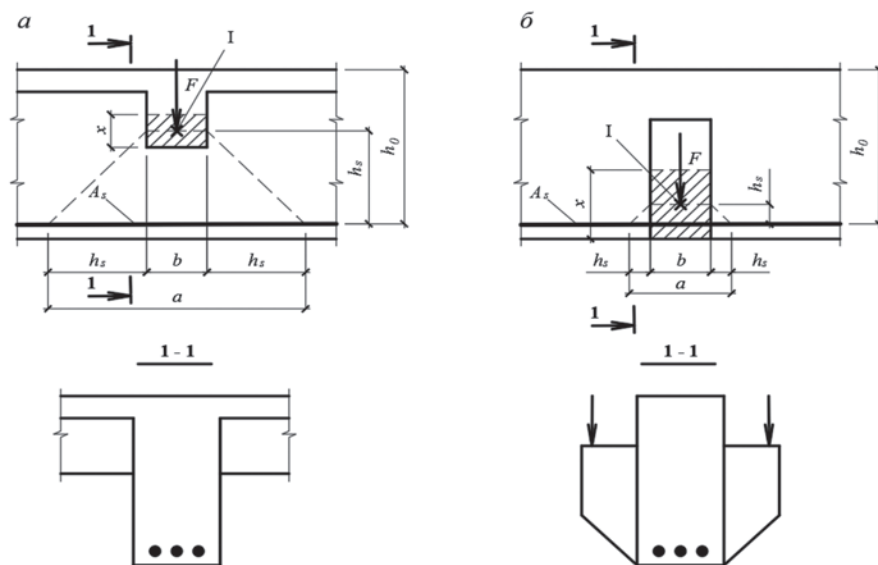


Рис. 5. Схема для определения длины зоны отрыва: *а* – при примыкании балок; *б* – при примыкании консолей; *l* – центр тяжести сжатой зоны примыкающего элемента

Четвертый подраздел содержит указания по методам расчета и расчетным моделям монолитных конструктивных систем. Расчетная модель представляет собой трехмерную систему из монолитных колонн, стен, пилонов, плит, балок, фундаментов, узлов их сопряжений и основания.

Расчетная модель должна соответствовать принятым проектным решениям в части геометрических параметров и физико-механических свойств материалов, включать в себя данные о нагрузках и воздействиях на здание (сооружение) и его элементы.

Сложные пространственные геометрические схемы упрощают заменой реальной конструкции условной схемой. Ребристый и пустотный диски перекрытий, так же как и структурное покрытие из стержней, заменяют условной анизотропной пластиной постоянной толщины. Колонны и балки аппроксимируют стержнями, приведенными к оси, а плиты и стены – оболочками (пластинами), приведенными к срединной плоскости. При фактической несоосности двух смежных несущих конструкций одного этажа или конструкций смежных этажей следует учитывать эксцентриситеты положения осей и срединных плоскостей конструкций. Также приведены иные конкретные указания и рекомендации по составлению расчетных моделей

Седьмой раздел свода правил – «Конструирование несущих железобетонных конструкций» – содержит детальные указания по конструированию армирования в несущих элементах. В общем случае конструирование несущих железобетонных элементов монолитных конструктивных систем выполняют согласно СП 63.13330 и новому своду правил.

Приведены более детальные указания по анкеровке арматурных элементов. В частности, на концах арматурные стержни должны иметь анкеровку, обеспечивающую восприятие усилий, действующих в арматурном стержне. Анкеровку устраивают путем заведения арматурного стержня на необходимую длину, достаточную для восприятия усилий, действующих в арматурном стержне в рассматриваемом сечении (прямая анкеровка – рис. 6, *а*).

Анкеровку растянутой арматуры допускается выполнять посредством загиба арматурных стержней, устройства крюков на концах арматурных стержней, приварки поперечных стержней (см. рис. 6, б-д). Кроме этого, анкеровку выполняют с помощью стальных элементов (пластин, уголков и шайб), привариваемых на концах арматурных стержней, а также с помощью специальных анкерных устройств (высаженных головок и т.п.). При таких способах анкеровки должна быть обеспечена прочность бетона на смятие под этими анкерами и прочность бетона на выкалывание, когда арматуру анкеруют за пределами рассматриваемого элемента. Расчет производят согласно пп. 8.1.43-8.1.45 СП 63.13330.

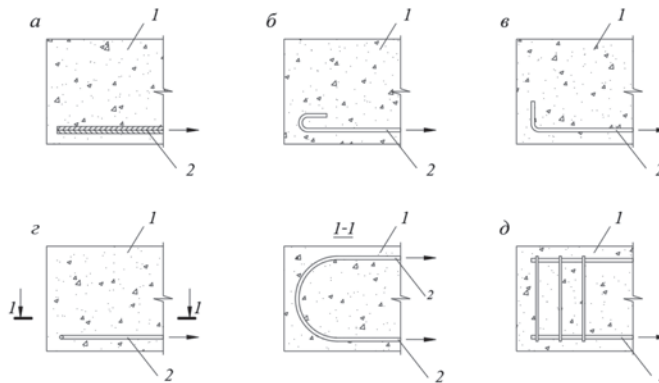


Рис. 6. Анкеровка рабочей арматуры в бетоне элемента: а – сцеплением прямых стержней с бетоном; б – крюками; в – лапками; г – петлями; д – приваркой поперечных стержней; 1 – бетон; 2 – анкеруемый стержень

В монолитных колоннах многоэтажных зданий стыки рабочей продольной арматуры устраивают на уровне верха перекрытий. Стыки выполняют, как правило, вразбежку. При этом в пределах стыка предусматривают установку поперечной арматуры (хомутов) с шагом не более 10 диаметров стержня продольной арматуры (по наименьшему диаметру).

При высоте этажа менее 3,6 м или при продольной арматуре диаметром более 28 мм стыки рекомендуется устраивать через этаж.

Выпуски стержней из колонны с большим поперечным сечением нижнего этажа в колонну с меньшим поперечным сечением верхнего этажа, а также колонн одинакового поперечного сечения рекомендуется выполнять согласно рис. 7. При этом перевод стержней из одного этажа колонны в другой осуществляется путем их отгиба с уклоном не более 1:6 (см. рис. 7, а, б). Часть стержней колонны нижнего этажа может быть доведена до верха перекрытия (см. рис. 7, б) и не заводится в колонну верхнего этажа, если она не требуется там по расчету. В случае значительной разницы в сечениях колонн верхнего и нижнего этажей выпуски следует устраивать установкой специальных стержней в количестве, необходимом для колонны верхнего этажа (см. рис. 7, в).

Анкеровка и стыки арматуры внахлестку во всех случаях должны соответствовать СП 63.13330.

В одном поперечном сечении колонны все продольные стержни должны быть охвачены непрерывным поясом хомутов, при этом концы хомутов должны иметь крюки и перехлестываться, а места перехлеста хомутов (в том числе по длине колонны) должны быть смещены по отношению друг к другу (рис. 8).

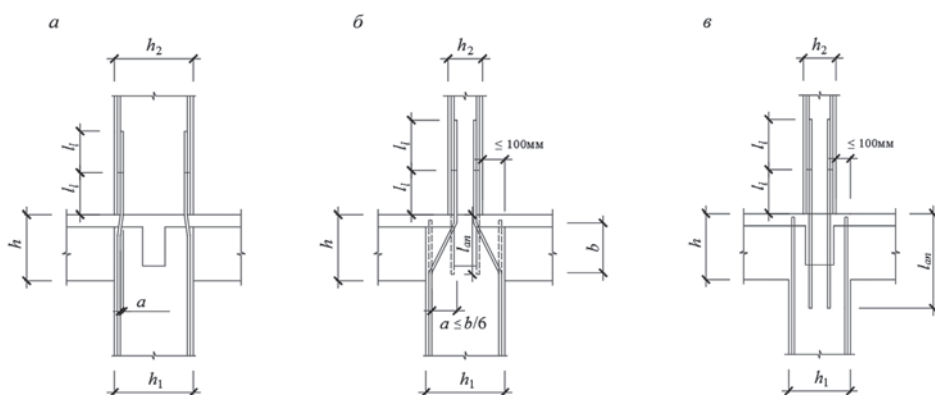


Рис. 7. Схема устройства стыков продольной рабочей арматуры монолитных колонн многоэтажных зданий:
 а – при одинаковом поперечном сечении колонн верхнего и нижнего этажей;
 б – при незначительном различии в сечениях колонн верхнего и нижнего этажей;
 в – при значительном различии в сечениях колонн верхнего и нижнего этажей

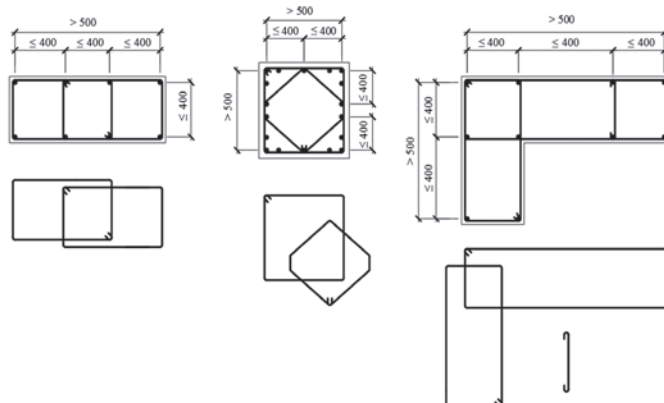


Рис. 8. Примеры охвата поперечной вязаной арматурой нескольких продольных стержней в различных формах поперечных сечений монолитных колонн

Также приведены иные дополнительные указания по конструированию продольного и поперечного армирования монолитных балок, в том числе в зонах их взаимных пересечений, требования по конструированию армирования элементов в зонах устройства отверстий и проемов различных размеров и т. д.

Приложение А свода правил содержит общие положения по проектированию монолитных конструктивных систем с плитами перекрытий и покрытий с напрягаемой арматурой. В этом приложении изложены общие принципы проектирования конструкций плит с напрягаемой арматурой без сцепления с бетоном, даны рекомендуемые и нерекомендуемые компоновки конструктивных систем с такими конструкциями, а также общие и детальные указания по выполнению расчетов таких конструкций.

Проект свода правил прошел общественные обсуждения и экспертизу, по результатам которых были внесены отдельные изменения и корректировки.

Представляется, что СП «Монолитные конструктивные системы. Правила проектирования» в принятой редакции будет способствовать более качественному проектированию монолитных железобетонных конструкций зданий и сооружений.

Библиографический список:

1. ГОСТ 26633-2015 Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия.
2. ГОСТ 27751-2014 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения.
3. СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003».
4. СП 52-103-2007 «Железобетонные монолитные конструкции зданий»
5. СП 20.13330.2016 «СНиП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия»

Авторы:

Сергей Алексеевич ЗЕНИН, канд. техн. наук, заведующий лабораторией теории железобетона и конструктивных систем НИИЖБ им. А. А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Sergey ZENIN, Ph. D. (Engineering), Head of the Laboratory of the Theory of reinforced concrete and constructive systems of NIIZHB named after A. A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: lab01@mail.ru

тел.: +7 (499) 174-75-17

Равиль Шамильевич ШАРИПОВ, канд. техн. наук, заместитель директора НИИЖБ им. А. А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Ravil SHARIPOV, Ph. D. (Engineering), Deputy Director of NIIZHB named after A. A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: lab01@mail.ru

тел.: +7 (499) 174-75-10

Олег Владимирович КУДИНОВ, заместитель заведующего лабораторией теории железобетона и конструктивных систем НИИЖБ им. А. А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Oleg KUDINOV, Deputy Head of the Laboratory of the Theory of reinforced concrete and constructive systems of NIIZHB named after A. A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: lab01@mail.ru

тел.: +7 (499) 174-75-17

Евгений Александрович ЧИСТЯКОВ, д-р. техн. наук, консультант

Evgeniy CHISTYAKOV, D. Sci (Engineering), consultant