

УДК 624.012.3/4

С.А. ЗЕНИН, канд. техн. наук (lab01@mail.ru),
Р.Ш. ШАРИПОВ, канд. техн. наук (wander-er1@yandex.ru),
О.В. КУДИНОВ, инженер (lab01@mail.ru)

Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона –
НИИЖБ им. А.А. Гвоздева, АО «НИЦ «Строительство» (109428, г. Москва, 2-я Институтская ул., 6)

Исследование работы штепсельных стыков в крупнопанельных конструктивных системах зданий

Приведено описание основных результатов выполненной в НИИЖБ им. А.А. Гвоздева научно-исследовательской работы (НИР), касающейся исследования работы соединений штепсельного типа для сборных железобетонных конструкций крупнопанельных зданий. Целью исследования являлось получение расчетно-теоретических данных работы стыков штепсельного типа в крупнопанельных конструктивных системах для совершенствования методов проектирования сборных железобетонных конструкций. На основании полученных результатов расчетно-теоретических исследований и их анализа при выполнении НИР разработаны рекомендации по оценке жесткости, прочности и конструированию штепсельных стыков в крупнопанельных конструктивных системах. Также выработаны предложения по проектированию штепсельных стыков в крупнопанельных конструктивных системах.

Ключевые слова: крупнопанельные конструктивные системы, штепсельные соединения, сборные элементы, предельные усилия, жесткость.

Для цитирования: Зенин С.А., Шарипов Р.Ш., Кудинов О.В. Исследование работы штепсельных стыков в крупнопанельных конструктивных системах зданий // *Бетон и железобетон*. 2021. № 5–6 (607–608). С. 60–66.

S.A. ZENIN, Candidate of Sciences (Engineering) (lab01@mail.ru),
R.Sh. SHARIPOV, Candidate of Sciences (Engineering) (wander-er1@yandex.ru),
O.V. KUDINOV, Engineer (lab01@mail.ru)

Research, Design and Technological institute of Concrete and Reinforced Concrete – NIIZHB named after A.A. Gvozdev
JSC “Research Center “Stroitel’stvo”, Laboratory No. 2 (6, build. 5, 2-nd Institutskaya Street, Moscow, 109428, Russian Federation)

Research of Plug Connections in Large-Panel Structural Systems of Buildings

The article describes the main results of the research work (R & D) carried out at NIIZHB named after A. A. Gvozdev, concerning the research of the operation of plug-type connections for precast reinforced concrete structures of large-panel buildings. The aim of the research was to obtain designed and theoretical data on the operation of plug-type joints in large-panel structural systems for improving the design methods of precast concrete structures. Based on the results of designed and theoretical researches and their analysis in the course of R&D, recommendations for assessing the rigidity, strength and design of plug joints in large-panel structural systems have been developed. Also developed proposals for the design of plug joints in large-panel structural systems.

Keywords: large-panel structural systems, plug connections, precast elements, ultimate forces, rigidity.

For citation: Zenin S.A., Sharipov R.Sh., Kudinov O.V. Research of plug connections in large-panel structural systems of buildings. *Beton i Zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete]. 2021. No. 5–6 (607–608), pp. 60–66. (In Russian).

Как показал предварительный обзор и анализ различных отечественных исследований и методик норм, включая основной нормативный документ по проектированию крупнопанельных конструктивных систем СП 335.1325800.2017 «Крупнопанельные конструктивные системы. Правила проектирования», в общем случае методология расчета стыков штепсельного типа для стеновых элементов из сборного железобетона отсутствует. При этом стыки такого типа обладают рядом преимуществ (высокая скорость монтажа, невысокая стоимость) и широко применяются в каркасных конструктивных системах для

сопряжения сборных элементов колонн. Для каркасных конструктивных систем нормативно-техническая база в нашей стране в части проектирования стыков штепсельного типа имеется [1], однако разработана порядка 35 лет назад и требует своей адаптации под современные материалы и методы проектирования. Этому способствуют проводимые исследования отдельных отечественных специалистов – разработаны и применяются новые методики расчетов стыков каркасных конструктивных систем [2, 3], при этом действующие нормативные документы для каркасных конструктивных систем: СП 335.1325800.2017

«Конструкции каркасные железобетонные сборные одноэтажных зданий производственного назначения. Правила проектирования», СП 356.1325800.2017 «Конструкции каркасные железобетонные сборные многоэтажных зданий. Правила проектирования» пока не содержат таких регламентированных методик. Однако для стеновых конструктивных систем единый подход к методологии расчетов и проектирования стыков штепсельного типа в нашей нормативной базе – СП 335.1325800.2017 отсутствует. В связи с этим при проектировании крупнопанельных зданий в настоящее время используют различные сочетания и комбинации имеющихся нормативных методик расчетов сечений и стыков железобетонных конструкций.

Как показал анализ зарубежной нормативно-технической базы (Eurocode, ACI, бюллетени FIB, руководства PCI [8] и пр.), в европейских и американских нормативных документах встречаются конструктивные решения по сопряжению смежных стеновых элементов из сборного железобетона при помощи стыков штепсельного типа. Также имеются отдельные указания общего характера по описанию принципов работы подобных стыков и отдельные методики расчетов, отвечающие данным принципам (расчет анкеров, расчет на откалывание и т. д.). В целом данная ситуация схожа с отечественной нормативно-технической базой в части отсутствия общего единого подхода к методам расчета и конструирования таких стыков в крупнопанельных зданиях.

Оценка, проведенная в рамках работы, показала, что с учетом зарубежного опыта, а также имеющейся отечественной практики проектирования и строительства крупнопанельных зданий стыки штепсельного типа в общем случае могут быть достаточно эффективно применены в крупнопанельных зданиях. Штепсельные стыки при определенных условиях могут обеспечить восприятие не только продольных сжимающих и поперечных сдвиговых сил, но и работу на растяжение и восприятие изгибающих моментов, что выгодно отличает их от чисто шарнирных соединений.

В общем случае принято размещать стыки штепсельного типа в каркасных конструктивных системах в зонах нулевых или околонулевых моментов. Однако в крупнопанельных конструктивных системах это не представляется целесообразным, так как в данном случае горизонтальный стык будет расположен в видимой зоне, его напряженно-деформированное состояние будет несколько хуже вследствие отсутствия прямой связи с горизонтальной диафрагмой жесткости (перекрытием), что также скажется на общей жесткости конструктивной системы в целом. Кроме того, в этом случае стеновые элементы должны иметь консоли для опирания плит, что приведет

к некоторому удорожанию и потере внешнего вида внутреннего интерьера.

Можно отметить, что отсутствие методов расчета и конструирования в отечественной нормативной базе по крупнопанельному домостроению приводит к большому числу вопросов как у проектного сообщества, так и у экспертов при оценке принятых конструктивных решений, соответственно применение таких стыков ограничено. Также представляется, что известные методы определения податливости таких стыковых соединений, описанные в СП 335.1325800.2017, по отношению к штепсельным стыкам могут быть уточнены, в частности в соответствии с имеющимися данными исследований [2–7]. Это приводит к необходимости разработки таких методов с учетом имеющегося отечественного и зарубежного опыта, включая аналогичные стыки для каркасных конструктивных систем, и последующего внедрения в нормативную базу для практического применения.

Проработка концепции конструктивного решения стыка штепсельного типа, а также оценка возможной его работы в конструктивной системе позволяют предложить следующие базовые конструктивные решения стыков: соединение сборных элементов стен между собой (рис. 1), соединение сборных элементов плит и стен (рис. 2), а также комбинированные сочетания указанных соединений (рис. 3) и соединение, способное воспринимать изгибающие моменты (рис. 4).

Штепсельное соединение может быть применено как в платформенных стыках, так и в контактных стыках с различным способом заделки их выпусков – при помощи каналов или карманов. Как видно из конструкции стыков, в общем случае не рекомендуется устройство карманов для заделки достаточно длинных арматурных выпусков (рис. 3, *a, b*), так как это повлияет на качество заделки нижнего торца панели и ослабит его. Устройство карманов для обетонирования штепсельного соединения в платформенных стыках с двухсторонним опиранием плит также не рекомендуется, так как в данном случае сильно ослабляется нижнее опорное сечение сборного элемента стены с двух сторон.

Кроме того, можно рекомендовать не устраивать выступы и лунки, а также не устанавливать стальные пластины-прокладки на торцах стеновых элементов по подобию аналогичных стыков колонн. Для стеновой конструктивной системы это не представляется необходимым, так как размещение стеновых панелей обусловлено конструктивными решениями стыков и размерами изделий; кроме того, это приведет к удорожанию себестоимости изделия вследствие изменения оснастки для изготовления изделий и увеличения материалоемкости.

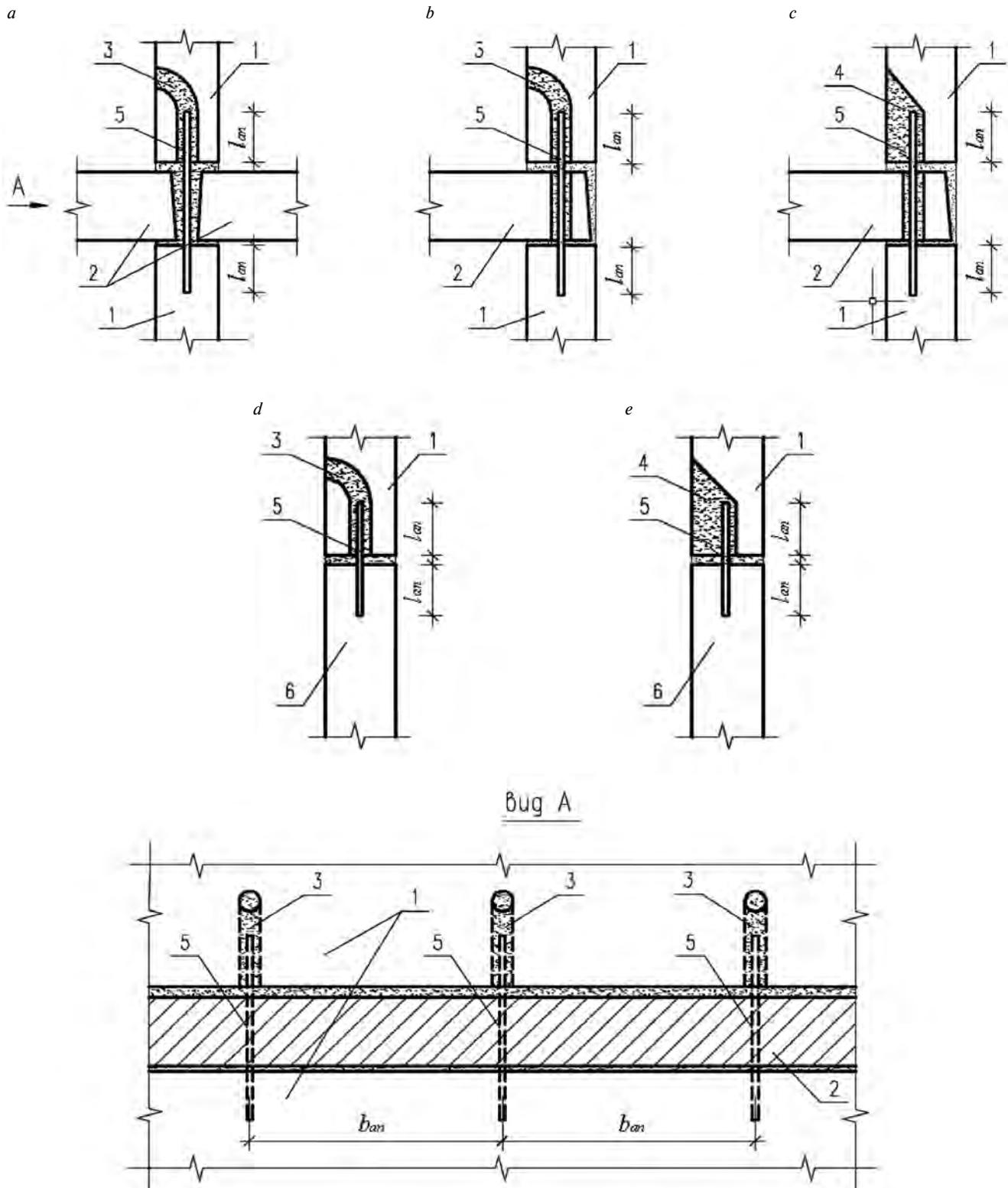


Рис. 1. Принципиальные соединения сборных элементов стен с применением стыков шпательного типа в крупнопанельных конструктивных системах: а – платформенный стык с двухсторонним опиранием плит с устройством канала; б – то же с односторонним опиранием плит; с – то же с односторонним опиранием плит с устройством кармана; д – контактный стык с устройством канала; е – то же с устройством кармана; 1 – сборная стеновая панель; 2 – сборная плита перекрытия; 3 – канал в бетоне; 4 – карман для заделки выпуска; 5 – арматурный или стальной выпуск; 6 – сборная стеновая панель или монолитные конструкции нижнего этажа

Fig. 1. Principal connections of precast elements of walls with plug-type joints in large-panel structural systems: a – platform joint with double-sided support of slabs with channel; b – the same with one-sided support of slabs; c – the same with one-sided support of slabs with «pocket»; d – contact joint with channel; e – the same with «pocket»; 1 – precast wall panel; 2 – precast floor slab; 3 – channel in concrete; 4 – «pocket» for closing connection rebar; 5 – rebar or steel connection bar; 6 – precast wall panel or monolithic structures of the lower floor

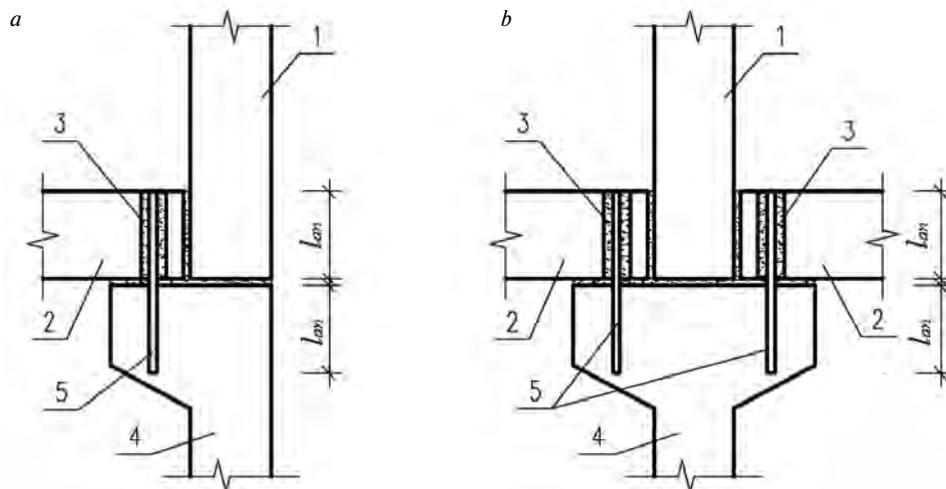


Рис. 2. Принципиальные соединения сборных элементов плит и стен с применением стыков штепсельного типа в крупнопанельных конструктивных системах: а – контактный стык с односторонним опиранием плит; б – то же с двухсторонним опиранием плит; 1 – сборная стенная панель; 2 – сборная плита перекрытия; 3 – канал в бетоне; 4 – сборная стенная панель с консолью; 5 – арматурный или стальной выпуск

Fig. 2. Principal connections of precast elements of slabs and walls using plug-type joints in large-panel structural systems: а – contact joint with one-sided support of slabs; б – the same with double-sided support of slabs; 1 – precast wall panel; 2 – precast floor slab; 3 – channel in concrete; 4 – precast wall panel with console; 5 – rebar or steel connection bar

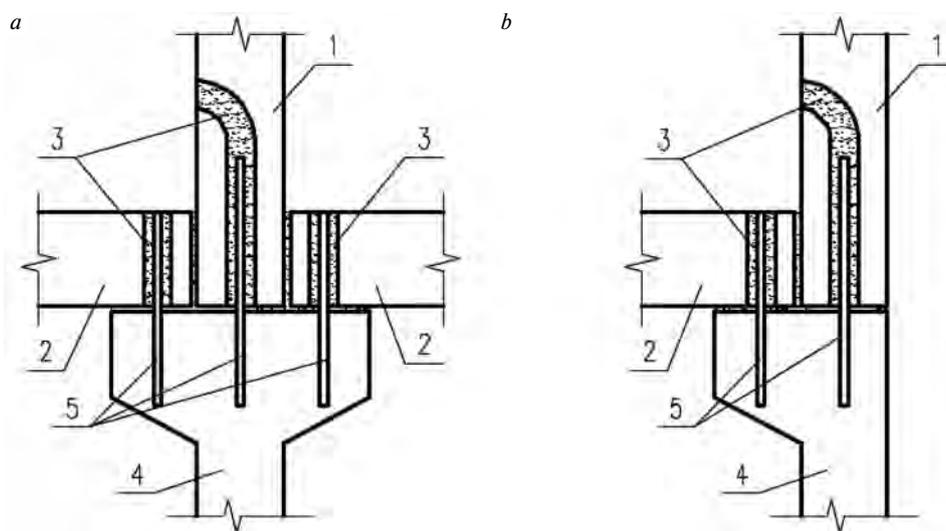


Рис. 3. Принципиальные комбинированные соединения сборных элементов плит и стен с применением стыков штепсельного типа в крупнопанельных конструктивных системах: а – контактный стык с односторонним опиранием плит; б – то же с двухсторонним опиранием плит; 1 – сборная стенная панель; 2 – сборная плита перекрытия; 3 – канал в бетоне; 4 – сборная стенная панель с консолью; 5 – арматурный или стальной выпуск

Fig. 3. Principal combined connections of precast elements of slabs and walls using plug-type joints in large-panel structural systems: а – contact joint with one-sided support of slabs; б – the same with double-sided support of slabs; 1 – precast wall panel; 2 – precast floor slab; 3 – channel in concrete; 4 – precast wall panel with console; 5 – rebar or steel connection bar

Также в рамках работы были выполнены расчетные исследования по определению максимально возможных значений продольных сжимающих сил и сдвиговых поперечных сил, которые могут быть восприняты стыками по различным методикам отечественных и зарубежных нормативных документов. Расчеты были выполнены для соединений сборных элементов стен с различными размерами поперечных сечений, при фиксированном классе бетона, с заделкой цементно-песчаными растворами различных марок, а также различным содержанием

арматуры, пересекающей стык. Дополнительно была выполнена оценка жесткостных характеристик штепсельных соединений контактных стыков крупнопанельных зданий при различных марках раствора, уровнях обжатия и содержании арматуры в стыке.

Также были выполнены численные исследования с применением метода конечных элементов. Построение моделей выполнено при помощи объемных конечных элементов, расчеты выполнены с учетом физической нелинейности.

По результатам выполненных расчетно-теоретических исследований, а также анализа экспериментальных данных и методик действующей нормативно-технической базы предложены следующие рекомендации по проектированию штепсельных соединений в крупнопанельных конструктивных системах.

Расчет на действие продольных сжимающих сил

Расчет на сжатие штепсельных соединений контактных стыков стен в крупнопанельных конструктивных системах выполняют согласно указаниям СП 335.1325800.2017 как расчет контактных стыков с учетом следующих дополнений:

– при расчете стыков, в которых штепсельное соединение установлено в один ряд по толщине стены, продольную арматуру, пересекающую стык, в расчетах на сжатие не учитывают;

– при расчете стыков, в которых штепсельное соединение установлено в два ряда, расчет на сжатие выполняют как расчет внецентренно сжатого элемента согласно СП 63.13330.2018 «СНиП 52-01–2003 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения» при расчетном сопротивлении бетона, равным приведенному расчетному сопротивлению горизонтального стыка на сжатие согласно СП 335.1325800.2017. При этом следует предусмотреть косвенное армирование в приопорной зоне сборных элементов согласно СП 335.1325800.2017, шаг штепсельных выпусков не более 1 м по длине стены, а также должна быть обеспечена анкеровка выпусков согласно СП 63.13330.2018. При несоблюдении указанных конструктивных требований расчет выполняют без учета продольной арматуры, пересекающей стык.

Расчет платформенных стыков на сжатие выполняют согласно указаниям СП 335.1325800.2017 без учета продольной арматуры, пересекающей стык.

Расчет на действие поперечных сил

Значение предельной сдвиговой силы, воспринимаемой штепсельным соединением контактного стыка с заполнением его цементно-песчаным раствором, определяют по формуле:

$$Q \leq \mu_1 N + 0,3 R_{s1} A_{s1}, \quad (1)$$

где μ_1 – коэффициент трения, принимаемый равным 0,3. При расчете на сейсмические воздействия значение μ_1 принимают по линейной интерполяции от $\mu_1=0,3$ при напряжении в шве $\sigma_b \leq 0,5 R_{b1}$ до 0,1 при $\sigma_b > R_{b1}$, где σ_b и R_{b1} – соответственно напряжение в шве от расчетной центрально приложенной нагрузки и кубиковая прочность, соответствующая проектной

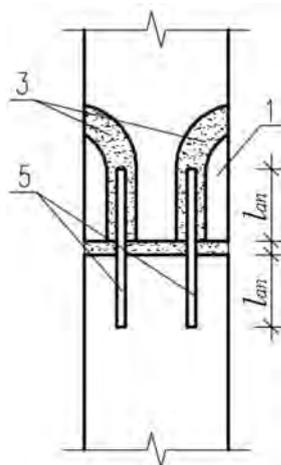


Рис. 4. Принципиальное соединение сборных элементов стен с применением соединения штепсельного типа с возможностью восприятия изгибающих моментов в крупнопанельных конструктивных системах (контактный стык); 1 – сборная стеновая панель; 3 – канал в бетоне; 5 – арматурный или стальной выпуск

Fig. 4. Principal connection of precast elements of walls using plug-type joints with the possibility of accepting bending moments in large-panel structural systems (contact joint); 1 – precast wall panel; 3 – channel in concrete; 5 – rebar or steel connection bar

прочности раствора в шве при сжатии; N – нормальная расчетная сила сжатия в стыке; A_{s1} – площадь поперечного сечения арматуры, пересекающей стык; R_{s1} – расчетное сопротивление растяжению арматуры, пересекающей стык.

Учитывая конструктивные особенности штепсельных соединений в платформенных стыках крупнопанельных зданий, т. е. размещение стыков в плоскости горизонтальных диафрагм жесткости, расчет на сдвиг таких соединений допускается не выполнять.

Определение податливости

Определение податливости контактного стыка на сжатие выполняют согласно указаниям СП 335.1325800.2017. При этом для штепсельных соединений учет наличия продольной арматуры, пересекающей стык, выполняют снижением податливости на 10%. При размещении выпусков с шагом более 1 м по длине панели влияние продольной арматуры на податливость не учитывают.

Сдвиговую податливость контактных стыков со штепсельными соединениями определяют согласно СП 335.1325800.2017. При отсутствии сжимающих усилий или их небольших значениях сдвиговая податливость штепсельного соединения может быть определена по модели, описанной в [10].

Общие положения по проектированию штепсельных соединений элементов крупнопанельных зданий

В СП 335.1325800.2017 необходимо включить возможность проектирования штепсельных соединений стыков элементов, так как в действующей редакции она отсутствует.

Стыки сборных элементов со штепсельным соединением применяют преимущественно при соединении смежных сборных элементов стеновых панелей, а также при соединении плит и стеновых элементов с консолями.

Арматурные выпуски могут быть установлены в сборный элемент как в момент его изготовления, так и после его монтажа.

Размещение арматурных выпусков при соединении сборных элементов стен выполняют в один или два ряда по толщине стены. Для заделки выпусков в торцах стеновых панелей устраивают карманы или каналы из заранее заложенных при изготовлении изделия трубок. Минимальное количество выпусков на панель – 2 шт. Профиль трубок рекомендуется применять гофрированным.

Заделку выпусков выполняют в соответствии с указаниями СП 335.1325800.2017.

Типовые соединения сборных элементов стен приведены на рис. 1, 4; соединение сборных элементов плит и стен приведено на рис. 2; комбинированные сочетания указанных соединений – на рис. 3. При необходимости на их основе могут быть разработаны типовые конструктивные решения для массовых серий крупнопанельных зданий.

В общем случае не рекомендуется устройство карманов для заделки достаточно длинных арматурных выпусков (рис. 3, а, б), так как это влияет на качество заделки нижнего торца панели и ослабляет его. Устройство карманов для обетонирования штепсельного соединения в платформенных стыках с двухсторонним опиранием плит также не рекомендуется, так как в данном случае происходит ослабление нижнего опорного сечения сборного элемента стены с двух сторон.

Необходимо выполнять контроль качества выполнения работ по заполнению каналов арматурных выпусков для обеспечения необходимой прочности соединения и его долговечности, включая контроль за прочностными и деформационными характеристиками применяемых растворов и мелкозернистых бетонов.

Выводы

Анализ нормативно-технической базы показал, что отсутствие методов расчета и конструирования штепсельных соединений в отечественной нормативной базе по крупнопанельному домостроению ограничивает применение таких стыков. Для решения данной проблемы были выполнены соответ-

Список литературы

1. Рекомендации по проектированию и выполнению контактных стыков с обрывом арматуры в железобетонных колоннах многоэтажных зданий. М.: НИИЖБ, 1985.
2. Соколов Б.С., Латыпов Р.Р. Прочность и податливость штепсельных стыков железобетонных

ствующие расчетно-теоретические исследования, в рамках которых сформулированы основные предпосылки для проведения расчетных исследований, выбраны наиболее подходящие критерии для анализа результатов выполненных расчетов, установлены подходящие данные для верификации результатов и методик расчетов.

На основании полученных результатов расчетно-теоретических исследований и их анализа разработаны рекомендации по оценке жесткости, прочности и конструированию штепсельных стыков в крупнопанельных конструктивных системах. Также выработаны предложения по проектированию штепсельных стыков в крупнопанельных конструктивных системах.

На основании результатов исследований также рекомендовано выполнение дополнительных научных поисковых работ в виде НИР и НИОКР, направленных на развитие результатов, полученных в данной работе. Данное обстоятельство связано с необходимостью дальнейшего развития методик определения предельных сил, воспринимаемых стыками (в частности, продольных и поперечных сил, изгибающих моментов), а также уточнением значений жесткостей стыков. Кроме того, необходимо провести дополнительные исследования по оценке анкеровки арматурных выпусков штепсельных стыков при заполнении различными растворами и составами и при различных профилях каналовобразователей (гофрированных и гладких) из различных материалов; учет возможности образования коррозии, а также возможных отклонений от проектных решений и дефектов. Кроме того, требуется проведение исследований по контролю качества таких соединений.

Проведение дополнительных исследований позволит разработать новую, более совершенную методику расчета и проектирования стыков сборных элементов крупнопанельных зданий, что даст возможность проектировать экономичные и с достаточным уровнем надежности конструкции.

References

1. Recommendations for the design and implementation of contact joints with reinforcement breakage in reinforced concrete columns of multi-storey buildings. Moscow: NIIZhB, 1985.
2. Sokolov B.S., Latypov R.R. Strength and compliance of plug joints of reinforced concrete columns under the action of static and seismic loads [Prochnost' i podatlivost' shtepsel'nykh stykov zhelezobetonnykh kolonn pri deistvii staticheskikh i seismicheskikh nagruzok]. Moscow: ASV, 2010. 126 p.
3. Sokolov B.S., Lizunova N.S. Experimental and theoretical methodology for assessing the shear compli-

- колонн при действии статических и сейсмических нагрузок. М.: АСВ, 2010. 126 с.
3. Соколов Б.С., Лизунова Н.С. Экспериментально-теоретическая методика оценки сдвиговой податливости штепсельных стыков железобетонных колонн // *Известия КГАСУ*. 2014. № 1 (27). С. 119–124.
 4. Пособие по проектированию жилых зданий. Вып. 3. Ч. 1, 2. Конструкции жилых зданий (к СНиП 2.08.01–85). М.: ЦНИИЭП жилища, 1986.
 5. Зенин С.А., Шарипов Р.Ш., Кудинов О.В. Анализ существующих методов оценки податливости связей крупнопанельных зданий // *Бетон и железобетон*. 2016. № 3. С. 26–28.
 6. Чистяков Е.А., Зенин С.А., Шарипов Р.Ш., Кудинов О.В. Учет податливости стыковых соединений дискретного типа в расчетах конструктивных систем крупнопанельных зданий // *ACADEMIA. Архитектура и строительство*. 2017. № 2. С. 123–127.
 7. Данель В.В. Анализ формул для определения жесткости при сдвиге платформенных стыков крупнопанельных зданий // *Бетон и железобетон*. 2010. № 1. С. 25–29.
 8. Горачек Е., Лешак В.И., Пуме Д. и др. Прочность и жесткость стыковых соединений панельных конструкций: Опыт СССР и ЧССР. М.: Стройиздат, 1986. 192 с.
4. Manual on the design of residential buildings. Vol. 3. Part 1, 2. Construction of residential buildings (to SNiP 2.08.01–85) [Posobie po proektirovaniyu zhilykh zdanii. Vyp. 3. Ch. 1, 2. Konstruktsii zhilykh zdanii (k SNiP 2.08.01–85)]. Moscow: TsNIIEP zhilishcha, 1986.
 5. Zenin S.A., Sharipov R.Sh., Kudinov O.V. Analiz sushchestvuyushchikh metodov otsenki podatlivosti svyazei krupnopanel'nykh zdanii. *Beton i zhelezobeton*. 2016. No. 3, pp. 26–28.
 6. Chistyakov E.A., Zenin S.A., Sharipov R.Sh., Kudinov O.V. Uchet podatlivosti stykovykh soedinenii diskretnogo tipa v raschetakh konstruktivnykh sistem krupnopanel'nykh zdanii. *ACADEMIA. Arkhitektura i stroitel'stvo*. 2017. No. 2, pp. 123–127.
 7. Danel' V.V. Analiz formul dlya opredeleniya zhestkosti pri sdvige platformennykh stykov krupnopanel'nykh zdanii. *Beton i zhelezobeton*. 2010. No. 1, pp. 25–29.
 8. Gorachek E., Lishak V.I., Pume D. Prochnost' i zhestkost' stykovykh soedinenii panel'nykh konstruktssii: Opyt SSSR i ChSSR [Strength and rigidity of butt joints of panel structures: The experience of the USSR and the Czech SSR] Moscow: Stroizdat, 1986. 192 p.



VI международная научно-практическая конференция «Современный автоклавный газобетон»

8–10 февраля 2022 г.

г. Москва

Конференция проводится в двух форматах: в очном (г. Москва, отель «Салют») и заочном (онлайн и в записи)

ТЕМАТИКА:

- Техническое регулирование в ПСМ и строительстве
- Производство и потребление газобетона. Статистика и перспективы
- Однослойные легкие штукатурки для газобетона – причины малой востребованности
- Кладка на пенополиуретановых швах. Резюме по опыту 10 лет использования

ДОКЛАДЫ:

Конструкции с применением ГБ. Тренды последних лет
 Однослойные стены из газобетона D400 для зданий класса энергопотребления A+
 Пятиэтажные здания с однослойными несущими стенами из ГБ – 2021

Более подробная информация – на сайте <https://www.gazo-beton.org/conference>

Ассоциация производителей автоклавного газобетона
 naag@gazo-beton.org
 тел. +7 925 643 88 82