УДК 693.955

© А. Ф. Юдина, д-р техн. наук, профессор
© П. Г. Белозеров, аспирант
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет,
Санкт-Петербург, Россия)
E-mail: yudinaantonina2017@mail.ru,
belaz444@gmail.com

DOI 10.23968/1999-5571-2021-18-1-97-102

© A. F. Yudina, Dr. Sci. Tech., Professor
© P. G. Belozеров, post-graduate student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering,
St. Petersburg, Russia)
E-mail: yudinaantonina2017@mail.ru,
belaz444@gmail.com

ВИДЫ УЗЛОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ В СОВРЕМЕННОМ ПАНЕЛЬНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ, ИХ ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ

TYPES OF JOINT CONNECTIONS IN MODERN PANEL CONSTRUCTION, THE ADVANTAGES AND DISADVANTAGES

Рассматриваются существующие технологии монтажа панельных зданий, узловые соединения стеновых панелей и плит перекрытия, а также новые разработки. Предложенные решения узловых соединений каркасно-панельных и бескаркасных зданий позволят упростить процесс возведения здания и сократить трудоемкость работ и продолжительность строительства.

Ключевые слова: панельное строительство, узловые соединения, стеновые панели, прочность соединения.

The article discusses existing technologies for the installation of panel buildings and joint connections of wall panels and floor slabs, as well as new developments. The proposed solutions for joint connections of frame-panel and wall-bearing buildings enable making the process of buildings' installation easier, so that the work process is not so labor consuming and the work duration not so lengthy.

Keywords: panel construction, joint connections, wall panels, joint strength.

Для панельного строительства характерны ускоренные темпы монтажа конструкций из конструктивных элементов, изготовленных на заводах железобетонных изделий, для которых одним из характерных критериев является качество плоскостей, что положительно влияет на производство дальнейшей отделки поверхностей. Сокращение продолжительности возведения панельных зданий из сборных конструкций достигается за счет доставки готовых элементов на строительную площадку и узловых соединений. Так как элементы изготавливаются на отдельном производстве и проходят все виды операционного контроля в заводских условиях, это позволяет исключить наличие перекосов и прочих неточностей [1, 2].

Панельные здания из сборных железобетонных элементов полной заводской готовности остро реагируют на неравномерное проседание грунтов и конструкций, что влечет за собой различные дефекты. В связи с конструктивно-

технологическими особенностями данного типа строения наблюдаются принципиальные отличия в этих дефектах по сравнению с другими типами строительства зданий и сооружений. Так, у кирпичных зданий — меньшая концентрация дефектов в узлах конструкций за счет большого количества этих самых узлов и их распределения на большей площади. В панельном домостроении концентрация напряжений (как от неравномерных температурных, так и от конструктивных деформаций) происходит более локально, на узловые соединения, что влечет за собой повышенные требования к их устройству. При наличии разницы температур снаружи и внутри помещений появляется высокая вероятность изгиба в плоскости панелей, что также приводит к возникновению внутренних напряжений в узлах соединений и дальнейшему образованию трещин.

В панельном домостроении ответственной операцией является устройство стыков, к которым предъявляется ряд требований по гермети-

тичности и гидроизоляции, образованию в стыке конденсата при несоблюдении требований теплозащитных характеристик и наличии разности температур между жилыми помещениями и внешней средой. Также несущие конструкции здания должны выдерживать большой объем прикладываемых к ним экспериментальных нагрузок. Так, очень важно перед использованием в процессе возведения зданий монтажных деталей с различными инновационными узловыми соединения проводить методологические испытания на поведение деталей при применении к ним разного рода нагрузок [3, 4].

Одним из вариантов устройства межпанельных узловых соединений стеновых панелей является использование связей, выполненных из стальной арматуры (диаметром 12 мм), которые варятся с закладными деталями (толщиной от 6 до 8 мм) на верхней части конструктивных элементов, тем самым образуя стык между стеновыми панелями. Такое исполнение конструкции стыков называется **упругоподатливым узлом** соединения и представлено на рис. 1. Замоноличивание образовавшихся полостей также производится бетонным раствором, как и при аналогичных вариантах исполнения. Также перед заполнением пустот мелкозернистым раствором внутри замоноличенных стыков предусматривается закладка различных упругих прокладок для обеспечения соответствия изоляционных свойств конструктивно-технологических решений применяемым к ним требованиям действующих нормативно-технических правовых актов.

Но у такого вида конструкции узловых соединений есть очевидные недостатки. К ним можно отнести повышенную коррозию при производстве сварочных работ, которая возникает в связи с термическим воздействием на антикоррозийное покрытие и, соответственно, его повреждением, что в дальнейшем негативно скажется на поведении межпанельного стыка при проникновении влаги в трещины, образованные при усадке конструкций.

Одним из самых распространенных вариантов исполнения узловых соединений межпанельных стыков стеновых панелей является крепление арматурных закладных деталей (по аналогии с упругоподатливым стыком диаметром 12 мм), представляющих своеобразные соединительные

скобы или петли, выполненные на производстве. Такое исполнение межпанельного стыка называется **жестким монолитным узлом** соединения (рис. 2). Для повышения дренирующих свойств шва между замоноличенной зоной стыка и замастиченными частями предусмотрена воздушная вертикальная полость, выполняющая функции своеобразного дренажного канала, отводя влагу наружу на нижнем уровне стеновой панели. Также важную роль играют теплотехнические показатели стыка: для соответствия требованиям, предъявляемым нормативно-технической документацией, в стыке предусмотрено использование различного рода минераловатных вкладышей, которые изолируются от попадания замоноличивающего раствора пленкой во избежание последующего образования грибка. Также по характеристикам и функционалу возможно использование пенопласта [5].

В данном варианте исполнения стыка, как и в вышеописанном упругоподатливом стыке, также присутствует проблема повреждения антикоррозийного покрытия сварочным оборудованием вследствие воздействия повышенных температур на него. Для исключения образования коррозии необходимо учитывать в технологических картах производства работ процесс восстановления цинкового покрытия, который должен быть последним (перед финальным замоноличиванием полостей межпанельного стыка) в последова-

Рис. 1. Конструкция стыка в виде упругоподатливого узла наружных стеновых панелей: 1 — раствор (герметик, мастика); 2 — вилатерм; 3 — гидроизол; 4 — минераловатный термовкладыш; 5 — заполнение бетонным раствором; 6 — закладные детали; 7 — стальная накладка

Рис. 2. Монолитный вертикальный стык: 1 — наружная стеновая панель; 2 — закладная деталь из арматуры; 3 — дренажный канал; 4 — вилатерм; 5 — мастика; 6 — гидроизол; 7 — скоба; 8 — заполнение бетонным раствором; 9 — внутренняя стеновая панель; 10 — петля

тельности работ во избежание повторного повреждения покрытия.

При устройстве горизонтальных соединений стеновых панелей и плит перекрытия возможны как платформенные, так и контактные типы соединений. Во избежание капиллярного попадания влаги через микротрещины, образованные в наружном изоляционном слое (мастике), внутри стыка устраивается противодождевой барьер.

К новым разработкам технологий возведения панельных зданий можно отнести опыт финских инженеров, разработавших бессварной узел соединения, который используется компанией *Вопана* в Санкт-Петербурге и Ленинградской области.

Бессварные узлы соединения стеновых панелей при возведении панельных зданий устраиваются путем применения тросовых петель (гибких стальных связей), которые анкеруются в торцевые поверхности вертикальных узлов соединений межпанельных стыков стеновых панелей (рис. 3, 4). Для повышения прочностных характеристик соединения анкера имеют криволинейное очертание. В качестве мероприятий по защите от коррозии на петли перед анкерованием наносится цинковое покрытие.

Соединение стеновых панелей между собой осуществляется путем наложения одной петли на другую внахлест с последующим их закреплением путем защемления нахлеста вертикальным стержнем, и окончанием данной технологической последовательности является замоноличивание стыка мелкозернистым высокопрочным безусадочным бетонным раствором [6].

Несущая способность данного типа конструктивно-технологического решения напрямую зависит от прочностных характеристик бетона и шага установки тросовых петель. Прочностные характеристики раствора замоноличивания имеют прямую зависимость относительно прочности бетонной смеси, используемой для производства монтажных элементов, но должны быть не меньше прочности бетона класса В25. У данного конструктивно-технологического решения также есть недостаток — требуемая точность расположения монтажных деталей в пространстве в процессе устройства узловых соединений межпанельных стыков стеновых панелей. Точность зависит от горизонтального расположения тросовых петель по отношению к монтируемому элементу и вертикальности стержня — перпендикулярного по отношению к плите перекрытия и нахлесту тросовых петель. Так, при нарушении ориентации петель и стержня конструктивные свойства узла изменятся, узел не сможет должным образом воспринимать различного рода на-

Рис. 3. Петлевое соединение панелей

Рис. 4. Монтажные петли

грузки, и, тем самым, узловое соединение не будет отвечать предъявляемым к нему требованиям нормативно-технических правовых актов [8].

Скользящее узловое соединение, находящееся в стадии разработки и экспериментальной проверки, выполняется из двутавровых и швеллеровых деталей, заанкеренных в тело панели П-образными скобами с использованием фибробетона для замоноличивания стыка. При установке стеновой панели производится пропускание (заведение) двутавровой детали между двумя швеллеровыми (рис. 5) [8].

По сравнению с узловыми соединениями, рассмотренными выше, скользящее узловое соединение имеет существенные отличия. Несущая способность данного типа конструктивно-технологического решения, так же как и в случае использования тросовых петель в качестве монтажных узловых деталей межпанельного стыка стеновых панелей, напрямую зависит от прочностных характеристик бетона и шага установки тросовых петель. Прочностные характеристики раствора замоноличивания имеют прямую зависимость относительно прочности бетонной смеси, используемой для производства монтажных элементов, но должны быть не меньше прочности бетона класса В25. При установке стеновых панелей для соблюдения проектного положения деталей внутри стыка необходимо тщательно

выполнять выверку панелей относительно друг друга. В противном случае возможно нарушение анкеровки деталей внутри панели, конструкция окажется неспособной должным образом воспринимать нагрузки, и соединение не выдержит предъявляемых к нему требований.

Рис. 5. Скользящее узловое соединение:
1 — наружная стеновая панель; 2 — двутавровая монтажная деталь; 3 — швеллеровая монтажная деталь; 4 — замоноличивающий раствор; 5 — анкерующие скобы; 6 — горизонтальное армирование; 7 — вертикальное армирование

Процесс монтажа стеновых панелей начинается с устройства основания для монтажа первой панели, ее выверки и установки в проектное положение, второй этап — монтаж соседней панели. Следующая панель имеет швеллеровые монтажные детали и между ними — устройство для корректного их взаимодействия при выверке панели для соблюдения проектного положения узловых деталей относительно друг друга. Завершающим этапом является процесс установки опалубки и заполнения полостей соединения фибробетоном [7, 8].

На основании обзора представленных выше узловых межпанельных соединений выявлены основные их достоинства и недостатки (таблица).

Заключение. Таким образом, в результате рассмотрения существующих технологий возведения панельных зданий и узловых соединений стеновых панелей и плит перекрытия, а также новых разработок выявлены их недостатки и достоинства.

Упругоподатливый стык широко используется при возведении панельных зданий и зарекомендовал себя как надежный, но в то же время в местах сварных соединений возможно возник-

новение коррозии, а также эти стыки подвержены повышенному образованию трещин.

Монолитный стык отличается повышенной надежностью относительно упругоподатливого стыка благодаря отсутствию сварных соединений, но при этом, несмотря на меньший расход металла, более затратный.

Бессварной петлевой стык достаточно эффективен. Основным преимуществом является уменьшение объема сварочных работ. Этот тип соединения незначительно уступает по прочности и жесткости в сравнении с рассмотренными выше способами устройства соединений при возведении панельных зданий, но по трудозатратам и экономическим показателям имеет преимущество за счет исключения сварочных процессов.

Скользкий узел соединения наиболее эффективен. Основным преимуществом является уменьшение объема сварочных работ, и по прочности и жесткости это соединение не уступает предыдущим. Применение скользящего узла соединения обеспечивает возможность свободы выбора конструктивно-планировочных решений при возведении жилых, промышленных, общественных и коммерческих зданий средней

Преимущества и недостатки различных типов межпанельных стыков

Технико-экономические показатели	Типы соединения стеновых панелей			
	Упругоподатливый узел	Монолитный узел	Петлевой узел	Скользкий узел (предлагаемый)
Трудозатраты изготовления, %	100	100	110	130
Трудоемкость на стройке, %	100	100	60	70
Трудозатраты на монтаж 1 м ² , чел.-ч.	1,01	1,01	0,51	0,51
Скорость строительства, %	100	100	110	90
Возможность свободной планировки	Нет	Нет	Есть	Есть
Степень заводской готовности элементов, %	60	60	80	95
Наличие электросварочных процессов	Есть	Есть	Нет	Нет
Вес каркаса дома, кг/м ²	1800	1800	1800	2000
Стоимость строительства, %	100	100	110	90
Планный срок эксплуатации, лет	80–100	80–100	100	100
Расход бетонного раствора замоноличивания, м ³ /м ²	0,02	0,02	0,02	0,02
Расход стали на узловое соединение, кг/шт.	14,2	—	14,3	15,5

и малой этажности, упрощение процесса возведения здания и сокращение трудоемкости работ и продолжительности строительства.

Библиографический список

1. Адам Ф.-М. Совершенствование технологии строительства модульных быстровозводимых малоэтажных зданий: дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2001. 154 с.
2. Розанов Н. П. Крупнопанельное домостроение. М.: Стройиздат, 1982. 224 с.
3. Соколов Б. С. Прочность и трещиностойкость стеновых панелей зданий. М.: АСВ, 2010. 126 с.
4. Соколов Б. С., Никитин Г. П. Прочность горизонтальных стыков железобетонных конструкций. Казань: Казанский гос. архит.-строит. ун-т, 2009. 105 с.
5. Юдина А. Ф. Металлические и железобетонные конструкции. Монтаж. 2-е изд., испр. и доп. М.: Юрайт, 2018. 302 с.
6. Макаев Н. В. Технологии возведения ограждающих конструкций из навесных панелей: выпускная квалификационная работа. СПб., 2018. 96 с.
7. Черных А. С., Черных А. Г. Стеновые панели на деревянном каркасе в составе ограждающих конструкций многоэтажных жилых зданий из железобетона // Жилищное строительство. 2012. № 7. С. 19–23.
8. Белозеров П. Г. Инновации в панельном строительстве // Актуальные проблемы строительства: материалы 71-й Всерос. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. СПб.: СПбГАСУ, 2018. Ч. 1. С. 3–6.

References

1. Adam F.-M. *Sovershenstvovanie tekhnologii stroitel'stva modul'nykh bystrovozvodimykh maloetazhnykh*

zdaniy. Diss. kand. tekhn. nauk [Improving the construction technology of modular prefabricated low-rise buildings. PhD in Sci. Tech. diss.]. St. Petersburg, 2001, 154 p.

2. Rozanov N. P. *Krupnopanель'noe domostroenie* [Large-panel housing construction]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1982, 224 p.

3. Sokolov B. S. *Prochnost' i treshchinostoykost' stenovykh paneley zdaniy* [Strength and crack resistance of wall panels of buildings]. Moscow, ASV Publ., 2010, 126 p.

4. Sokolov B. S., Nikitin G. P. *Prochnost' gorizont'al'nykh stykov zhelezobetonnykh konstruktсий* [Strength of horizontal joints of reinforced concrete structures]. Kazan, Kazanskiy gos. arkh.-stroit. un-t Publ., 2009, 105 p.

5. Yudina A. F. *Metallicheskie i zhelezobetonnye konstruktсий. Montazh* [Metal and reinforced concrete structures. Installation]. 2-nd ed., revised. Moscow, Yurayt Publ., 2018, 302 p.

6. Makaev N. V. *Tekhnologii vozvedeniya ograzhdayushchikh konstruktсий iz navesnykh paneley: vypusknaya kvalifikatsionnaya rabota* [Technologies of construction of enclosing structures from hinged panels: final qualification work]. St. Petersburg, 2018, 96 p.

7. Chernykh A. S., Chernykh A. G. *Stenovyye paneli na derevyannom karkase v sostave ograzhdayushchikh konstruktсий mnogoetazhnykh zhilykh zdaniy iz zhelezobetona* [Wall panels on a wooden frame as part of the enclosing structures of multi-storey residential buildings made of reinforced concrete]. *Zhilishchnoe stroitel'stvo – Housing Construction*, 2012, no. 7, pp. 19–23.

8. Belozеров P. G. *Innovatsii v panel'nom stroitel'stve* [Innovations in panel construction]. *Trudy 71-y Vseros. nauch.-prakt. konf. studentov, aspirantov i molodykh uchenykh «Aktual'nye problemy stroitel'stva»* [Proceedings of the 71-st All-Russian Scientific and Practical Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists "Actual problems of construction"]. St. Petersburg, SPbGASU Publ., 2018, Pt. 1, pp. 3–6.