

Обзор распространенных узловых соединений объемных блок-модулей и отдельных конструктивных элементов

С.Г. Абрамян¹, О.В. Оганесян¹, Л.И. Черешнев¹, Р.О. Петросян², Л.А.
Арутюнян¹, А.В. Честнова¹

¹Волгоградский государственный технический университет,

²Национально-исследовательский Московский государственный строительный университет

Аннотация: Обзор существующих горизонтальных и вертикальных узловых соединений объемных блок-модулей и плоскостных элементов показал, что в настоящее время соединение «шип – паз» имеет самое большое распространение. Представлены также другие виды крепления модулей. Особое внимание уделяется модульной интегрирующей системе, кратко описывается ее конструкция. Подчеркивается, что эффективность модульного строительства зависит также от применяемых узловых соединений.

Ключевые слова: модульные строительные системы, надежность эксплуатации, горизонтальное и вертикальное крепления, стяжные болты, соединение «шип – паз».

Монтажная технологичность, от которой в целом зависит эффективность модульного строительства [1, 2], в том числе, с использованием объемных блок-модулей (ОБМ), напрямую зависит от применяемых узловых соединений, некоторые из них ранее были рассмотрены в публикации [3].

Хотя объемные блок-модули представляют собой прочные конструкции, при совместной работе в образующейся строительной системе они должны иметь жесткие горизонтальные связи, гарантирующие дальнейшую надежную эксплуатацию.

Это означает, что все объемные блок-модули должны быть надежно соединены между собой в горизонтальном направлении, что не исключает также вертикальное соединение.

Рассмотрим существующие узлы горизонтальных стыковок ОБМ, удовлетворяющие требованиям надежной эксплуатации строительных систем.

Одним из основных типов соединений блок-модулей является резьбовой с помощью болтов, шпилек, гаек, винтов. Например, в патенте [4]

горизонтальную стыковку модулей производят усиленными болтами, а их фиксацию – усиленными стопорными гайками. Часто применяются также усиленные рым-болты.

В местах стыковок устанавливают металлические пластины. Типичные детали пластины крепления модульных блоков представлены на рис. 1.

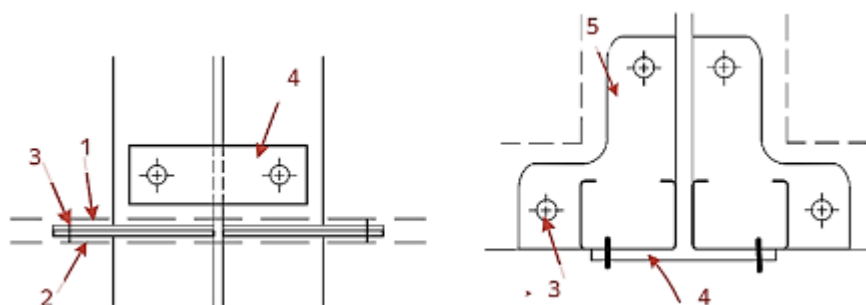


Рис. 1. – Схема деталей крепления модульных блоков: 1 – пол, 2 – потолок, 3 – болтовое крепление, 4 – стяжка, 5 – опорная пластина [5]

Чтобы обеспечить структурную целостность строительной системы, стыковку блок-модулей производят в определенных местах (как правило, по краям в определенных точках). Совместная работа горизонтальных и вертикальных соединений предотвращает перемещение блок-модулей.

При монтаже одноуровневых систем из ОБМ, блок-модули соединяются также с помощью внутренних и внешних стяжных болтов (рис. 2, а, б), твистлоками (рис. 2, в).



Рис. 2. – Стыковка ОБМ: а – внутренними; б – внешними стяжными болтами, в – твистлоками (визуализация соединительных элементов выполнена соавтором Черешневым Л.И. по рисункам публикации [6])

Соединение с помощью внутренних и внешних стяжных болтов присуще ОБМ из транспортировочных контейнеров. Болты устанавливаются в фитингах контейнеров, стягивание внутренних болтов осуществляют струбцинами. Твистлоки применяются при соединении объемных блоков контейнерного типа, устанавливаются они в типичных транспортировочных фитингах.

Чтобы произвести стыковое соединение двух и более уровней систем, применяют специальные угловые конусы, которые не допускают перемещение модулей (рис. 3, а). По лицезому периметру здания нижние и верхние объемные блоки соединяются специальными растяжками (рис. 3, б).

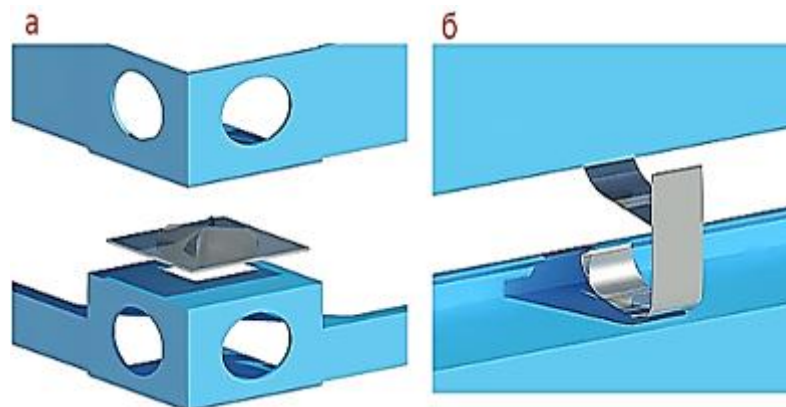


Рис. 3. – Соединение модульных блоков многоуровневых систем: а – специальными угловыми конусами, препятствующими скольжению; б – специальными растяжками верхних и нижних объемных модулей по лицезому периметру здания (визуализация соединительных элементов выполнена соавтором Черешневым Л.И. по рисункам публикации [6])

Одним из нововведений для соединения ОБМ считается модульная интегрирующая система (МИС), обеспечивающая стыковку конструкций в горизонтальном и вертикальном направлениях. МИС состоит из двух Г-образных составляющих, и принцип стыковки соответствует принципу «паз и шип». В целях создания целостной структуры соединительные планки с шипами и пазами устанавливают по всему периметру верхней и нижней

частей модуля. Единая планка одного модуля в каждом направлении соединяется с планками соседних модулей (рис. 4).

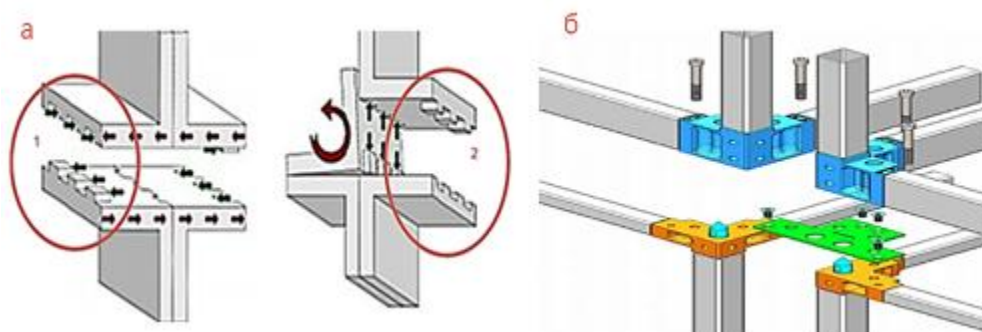


Рис. 4. Виды креплений в горизонтальном и вертикальном направлениях: а – Г-образное соединение в горизонтальном направлении с двумя наборами пазов и шипов (стрелкой представлена иллюстрация возникающих нагрузок в соединении [7]); б – крепления системы VectorBloc [8]

Многофункциональное крепление VectorBloc, основанное на принципе «шип – паз» соединения и обозначенное в научной публикации [9] как крепление на коннекторе Vector Praxis, позволяет изготавливать готовые модули с крепежными частями как на строительной площадке, так и за ее пределами.

Конструкция модульной интегрирующей системы (МИС) следующая: шипы находятся на верхних угловых креплениях модулей, а пазы – на нижних. С помощью соединительных пластин (планок) объемные блок-модули соединяются между собой в горизонтальном направлении. Для этого пластины надевают на шипы и крепят болтами. После устанавливаются в необходимое положение ОБМ верхнего яруса таким образом, чтобы шипы нижнего яруса ОБМ совпали с пазами верхнего яруса ОБМ, т. е. производят центровку двух ярусов ОБМ соединением «шип – паз». Далее ОБМ стягивают болтами, обеспечивая угловое соединение четырех блоков двух ярусов. При помощи этого крепления модули складывают и соединяют друг с другом для создания полностью укрепленных зданий практически любой

формы. В научной публикации [10] предлагается горизонтальное соединение металлических каркасов объемных модульных блоков по технологии «шип – паз» с сигмаобразными выступами (шип) и канавками (паз). Соединительные части установлены по периметру комбинирующихся блоков, на одних – с выступами, на других – с канавками (рис. 5).

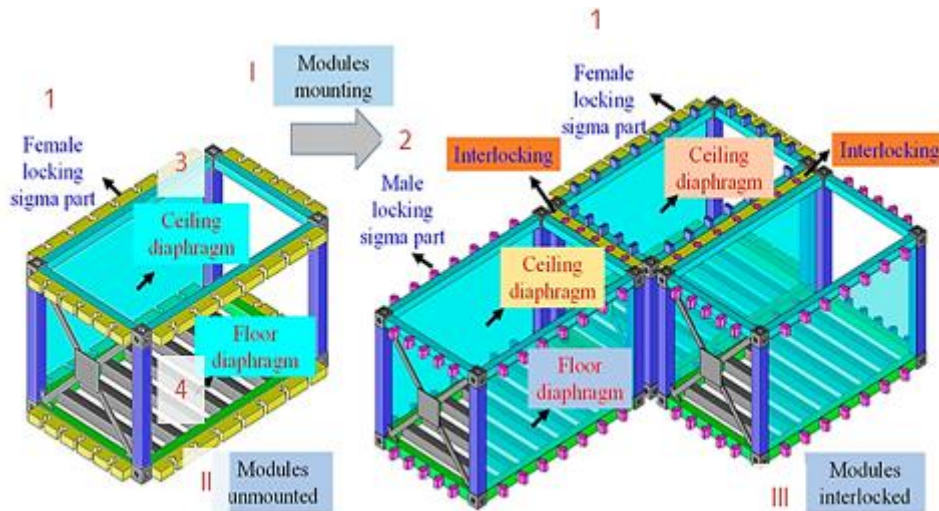


Рис. 5. – Горизонтальная стыковка металлических каркасов ОБМ с сигмаобразными выступами (шип) и канавками (паз): I – монтаж модулей (modules mounting); II – демонтаж модулей (modules unmounted); III – соединение модулей; 1 – сигмаобразные части (канавки – пазы) (female locking sigma part); 2 – сигмаобразные части (выступы – шипы) (male locking sigma part); 3 – верхнее (потолочное) покрытие (ceiling diaphragm); 4 – нижнее (напольное) покрытие (floor diaphragm) [10]

Вертикальное соединение ОБМ, согласно модульной интегрирующей системе (МИС), осуществляется с помощью блокировочных зажимов и Г-образных элементов, имеющих как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях сигмаобразные выступы (шипы) и канавки (пазы), которые устанавливаются по периметру верхних частей ОБМ первого яруса и нижних частей ОБМ последнего яруса, а на средних ярусах – как на нижних, так и на верхних частях ОБМ здания (рис. 6). Для наглядности на рис. 6 представлен также узел А вертикального соединения двух ярусов ОБМ.

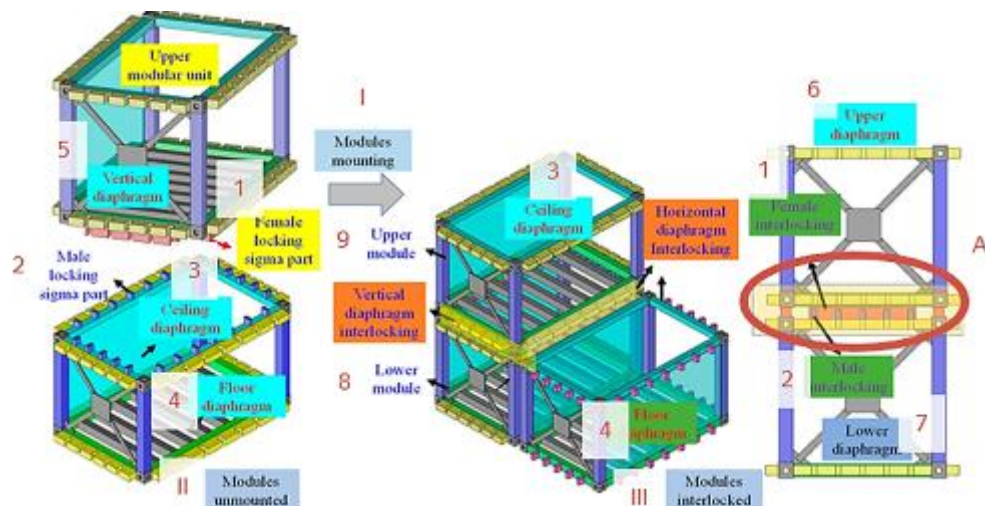


Рис. 6. – Горизонтальная и вертикальная стыковки металлических каркасов ОБМ с сигмаобразными выступами (шип) и канавками (паз): I – монтаж модулей (modules mounting); II – демонтаж модулей (modules unmounted); III – соединение модулей; 1 – сигмаобразные части (канавки – пазы) (female locking sigma part); 2 – сигмаобразные части (выступы – шипы) (male locking sigma part); 3 – верхнее (потолочное) покрытие (ceiling diaphragm); 4 – нижнее (напольное) покрытие (floor diaphragm); 5 – вертикальная диафрагма крестообразная (vertical diaphragm); 6 – верхний модуль (Upper module); 7 – нижняя диафрагма (lower diaphragm); 8 – нижний модуль (lower module) [10]

С точки зрения надежности создания целостной структуры из отдельных объемных модулей по принципу «шип – паз» особый интерес представляет изобретение, описанное в патенте [11]. Авторами предлагается составная или модульная конструктивная система с заданным сечением, «причем указанная система получается из комбинации в форме скользящего зацепления обычно удлиненных элементов, при этом указанные элементы относятся по меньшей мере к двум различным типам и могут быть собраны вместе, скользя так, чтобы сформировать множество трехмерных конструктивных структур». Патент может стать отправной точкой для разработки архитектурных и конструктивных решений строительства

высотных и уникальных зданий из крупногабаритных модулей (допустим, на квартиру).

В заключение отметим, что актуальность данной обзорной статьи обоснована стремительным развитием модульного строительства и существующие узловые соединения не всегда обеспечивают высокую монтажную технологичность на стадии строительства, необходимую надежность на стадии эксплуатации строительных систем.

Литература

1. Абрамян С.Г., Честнова А.В., Оганесян О.В., Петросян Р.О., Черешнев Л.И., Арутюнян Л.А. Технологичность трансформирующихся и нетрансформирующихся объемных блок-модулей при возведении строительных систем // Инженерный вестник Дона, 2023, №10. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n10y2023/8759/.

2. Абрамян С.Г., Котляревская А.В., Котляревский А.А., Галда З.Ю., Дикмеджян А.А. Трансформирующиеся и сборно-разборные объемные блок-модули, применяемые в строительстве // Инженерный вестник Дона, 2020, №12. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2020/6755/.

3. Абрамян С.Г., Оганесян О.В., Галда З.Ю., Дикмеджян А.А. Узловые соединения объемных модульных блоков, предназначенных для строительства и реконструкции зданий // Актуальные проблемы и перспективы развития строительного комплекса : сб. ст. междунар. науч.-практ. конф., 3-4 дек. 2019 г., Волгоград / Волгоград, 2019. С. 134-138.

4. Амбарцумян С.А., Мещеряков А.С. Способ изготовления крупногабаритного готового объемного модуля и способ строительства здания из крупногабаритных готовых объемных модулей: пат. 2 712 845(13) С1. Рос. Федерация: МПК В28В 5/00; № 2018142384; заявл. 30.11.2018; опубл. 31.01.2020. Бюл. № 4. 48 с.

5. Lawson RM, Grubb PJ, Prewer J., Trebilcock PJ. Modular Construction Using Light Steel Framing: An Architect's Guide. URL: ru.book.cc/book/2273282/91ad79 (дата обращения: 27.10.2023).

6. Монтаж модульных зданий – технология объединения блок-контейнеров в одну конструкцию. URL: block-konteiner.ru/proizvodstvo/article_post/montazh-modulnyh-zdaniy--tehnologiya-ob-edineniya-blok-konte (дата обращения: 12.09.2023).

7. Steinhardt DA, Manley K. Adoption of prefabricated housing—the role of country context. *Sustain Cities Soc.* 2016. Vol.: 22, pp. 126–135.

8. Fernando S., Gad E., Hashemi J., Rajeev P., Srisangeerthan S., Lam N., Godbole S., Mafas M. Development and optimisation of low-carbon, affordable, medium-rise modular structural system using innovative connections. URL: lowcarbonlivingcrc.com.au/sites/all/files/publications_file_attachments/rp1031_final_report.pdf (дата обращения: 24.10.2023).

9. Thai H.-T., Ngo T., Uy B. A review on modular construction for high-rise buildings. *Structures.* 2020. Vol.: 28, pp. 1265-1290. DOI: 10.1016/j.istruc.2020.09.070.

10. Khan, K.; Chen, Z.; Liu, J.; Javed, K. State-of-the-Art on Technological Developments and Adaptability of Prefabricated Industrial Steel Buildings. *Appl. Sci.* 2023, Vol.: 13, P. 685. DOI: 10.3390/app13020685.

11. Raimondi Adriana et al. Modular Structural System: Patent WO 2015/121886 AI; Italian: IPC E04C 3712, E04C 3729, E04C 3728, E04C 3/36 RM201 4A000062. 13 February 2014 (13.02.2014); International Publication Date 20 August 2015 (20.08.2015).

References

1. Abramyan S.G., Chestnova A.V., Oganessian O.V., Petrosyan R.O., Chereshev L.I., Arutyunyan L.A. *Inzhenernyj vestnik Dona*, 2023, №10. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n10y2023/8759/.

2. Abramyan S.G., Kotlyarevskaya A.V., Kotlyarevsky A.A., Galda Z.Yu., Dikmedzhyan A.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2020, №12. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2020/6755/.

3. Abramyan S.G., Oganesyanyan O.V., Galda Z.Yu., Dikmedzhyan A.A. Aktual'nye problemy i perspektivy razvitija stroitel'nogo kompleksa: sb. st. mezhdunar. nauch.-prakt. konf., 3-4 dek. 2019 g. Volgograd, 2019. pp. 134-138.

4. Ambarcumyan S.A., Meshherjakov A.S. Sposob izgotovlenija krupnogabaritnogo gotovogo obemnogo modulja i sposob stroitel'stva zdanija iz krupnogabaritnyh gotovyh obemnyh modulej [A method for manufacturing a large-sized finished volumetric module and a method for constructing a building from large-sized ready-made volumetric modules]. Patent RF, no. 2018142384; 2020, 48 p.

5. Lawson RM, Grubb PJ, Prewer J., Trebilcock PJ. Modular Construction Using Light Steel Framing: An Architect's Guide. URL: ru.book.cc/book/2273282/91ad79 (accessed 27.10.2023).

6. Montazh modul'nyh zdaniy – tehnologija ob#edinenija blok-kontejnerov v odnu konstrukciju [Installation of modular buildings is a technology for combining block containers into one structure]. URL: block-konteiner.ru/proizvodstvo/article_post/montazh-modulnyh-zdaniy--tehnologiya-ob_edineniya-blok-konte (accessed 12.09.2023).

7. Steinhardt DA, Manley K. Adoption of prefabricated housing—the role of country context. Sustain Cities Soc. 2016. Vol. 22, pp. 126–135.

8. Fernando S., Gad E., Hashemi J., Rajeev P., Srisangeerthan S., Lam N., Godbole S., Mafas M. Development and optimisation of low-carbon, affordable, medium-rise modular structural system using innovative connections. URL: lowcarbonlivingcrc.com.au/sites/all/files/publications_file_attachments/rp1031_final_report.pdf (accessed 24.10.2023).



9. Thai H., Ngo T., Uy B. A review on modular construction for high-rise buildings. Structures. 2020. Vol. 28, pp. 1265-1290. DOI: 10.1016/j.istruc.2020.09.070.

10. Khan, K.; Chen, Z.; Liu, J.; Javed, K. State-of-the-Art on Technological Developments and Adaptability of Prefabricated Industrial Steel Buildings. Appl. Sci. 2023, Vol.: 13, P. 685. DOI: 10.3390/app13020685.

11. Raimondi Adriana et al. Modular Structural System: Patent WO 2015/121886 AI; Italian: IPC E04C 3712, E04C 3729, E04C 3728, E04C 3/36 RM201 4A000062. 13 February 2014 (13.02.2014); International Publication Date 20 August 2015 (20.08.2015)