

Основные требования к быстровозводимым строительным системам

С.Г. Абрамян, А.Б. Илиев

Волгоградский государственный технический университет

Аннотация: Целью данной статьи является выявление недостатков строительства быстровозводимых зданий и сооружений на основе анализа ряда научных публикаций отечественных и зарубежных ученых. Так как быстровозводимыми могут быть не только здания, но и сооружения, предлагается использовать термин «быстровозводимые строительные системы» (БСС). Отмечается, что, несмотря на огромные достоинства БСС, на современном этапе развития они не полностью отвечают требованиям надежности, энергоэффективности, рациональности и комфортности, пригодности для эксплуатации при любых климатических условиях.

Ключевые слова: быстровозводимое здание, вид, технология, область применения, достоинство, дефект.

Глобальные изменения в климате, связанные с ними экологические проблемы, истощаемость природных ресурсов, являющихся ключевыми источниками материального производства, в том числе и в строительстве, создают особые предпосылки для развития энергосберегающих строительных технологий, к которым можно отнести и технологии строительства быстровозводимых зданий.

Отметим, что подобные здания решают не только экономические и экологические задачи, стоящие перед современной цивилизацией, но и социальные задачи, возникающие после природных катастроф, стихийных бедствий, в частности землетрясений, ураганов, потопов, пожаров и т.д. [1, 2].

Основное преимущество указанных зданий, как следует из их названия, — это минимальные сроки строительства, что обусловлено, в частности, следующими факторами: конструктивными особенностями зданий, технологичностью выполнения работ, высокой заводской готовностью, вплоть до наружной и внутренней отделки, что позволяет с минимальными трудовыми затратами возвести исследуемые здания.

Популярность быстровозводимых зданий связана также с их низкой стоимостью [3]. К примеру, торговые и выставочные павильоны, складские помещения, спортивные центры, административно-бытовые комплексы, паркинги, автозаправочные станции, здания автосервисов и другие объекты, построенные из отдельных модулей или на базе каркаса из легких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК) и легких металлических конструкций (ЛМК) и т.д., по стоимости намного уступают таким же зданиям, возведенным из традиционных материалов и по традиционным технологиям.

Как видно, область применения быстровозводимых зданий довольно широка по функциональному назначению. Быстровозводимыми могут быть не только здания, но и сооружения, в том числе и специального назначения (ангары для военных самолетов, ангары-станции воздушно-спасательной системы МЧС и т.д.). Отсюда следует, что технологии, применяемые при строительстве зданий и сооружений с минимальными сроками, правильнее будет называть технологиями быстровозводимых строительных систем (БСС). И понятие «технологии быстровозводимых строительных систем» должно включать не только системно-конструктивные, организационно-технологические решения, применяемые строительные технологические процессы и материалы, но и взаимосвязанные этапы жизненного цикла быстровозводимых строительных объектов. В работе [2] отмечается, что до настоящего времени нет «классификационных основ быстровозводимых комплексов с учетом существующих терминологий и определений».

Согласно [2, 3] самыми распространенными видами быстровозводимых строительных систем являются бескаркасные, каркасно-монолитные (строительные системы, возведенные в несъемной опалубке), модульные, модульно-блочные, каркасно-панельные (каркасно-щитовые), каркасно-тентовые (каркасно-мембранные) и другие здания и сооружения.

Проектируются те или иные виды быстровозводимых строительных систем не только с учетом их назначения, но и по периоду и условиям (обычные или чрезвычайные), характеру функционирования (стационарные или мобильные) и т.д. Совершенно очевидно, что быстровозводимые строительные системы на основе стального каркаса эффективно использовать при дислокации военных баз на длительное время, а для выполнения геологоразведочных работ в условиях горной местности лучше использовать надувные греющие каркасы с тентовыми покрытиями и т.д.

Считается, что быстровозводимыми могут быть объекты недвижимости малой и средней этажности. Однако современные строительные технологии позволяют возвести не только многоэтажные, но и высотные и уникальные быстровозводимые здания. Например, строительство сейсмостойкого 57-этажного небоскреба за девятнадцать дней [4] или сейсмостойкой 13-этажной гостиницы также в Китае в течение пятнадцати дней, с применением готовых строительных модулей высокой заводской готовности.

Научно-технические основы развития быстровозводимых комплексов, в состав которых входят различные по видам, конструктивным особенностям и технологиям строительства быстровозводимые строительные системы, исследованные в работе [2], показывают, что они должны быть систематизированы на различных стадиях их жизненного цикла:

- научно-исследовательских, опытно-конструкторских, проектно-исследовательских и экспериментальных работ;
- испытания, выпуска и серийного освоения;
- транспортирования, монтажа и эксплуатации;
- демонтажа, консервации;
- модернизации или ликвидации.

И все это должно быть закреплено мощной теорией развития быстровозводимых комплексов, начиная с общих положений (терминологии

и определений в действующих нормативных документах) и заканчивая управляемостью создания данных комплексов.

Здесь особую роль приобретает применение композитных материалов [5], обеспечивающих энергоэффективность и экологичность возводимых строительных систем [4, 6–9].

Проработка научных подходов и экспериментальные проектные решения для быстровозводимых строительных систем рассмотрены также в следующих зарубежных исследованиях [10–17]. Анализ данных публикаций показывает, что сборные модульные конструкции обеспечивают стратегическое развитие «рентабельного и быстровозводимого строительства» и становятся более популярными [10], способствуют устойчивому развитию строительного производства [11], снижают уровень опасных воздействий на окружающую среду, так как отходы строительных материалов незначительные и при строительстве используется минимальное количество машин и механизмов [12]. Энергоэффективность модульных конструктивных систем, в том числе и фасадных, рассмотрена в [13–15]. Авторами [13] исследована инновационная фасадная система и инновационные технологии, способные увеличить энергетические характеристики зданий.

В условиях экономических ограничений индустриализация строительства, в том числе за счет создания модульных систем, решает многие проблемы улучшения комфортного проживания людей [16, 17], и здесь очень важно значение имеет создание информационной базы по технологиям быстровозводимых строительных систем.

В указанных статьях [10–17] кроме приведенных достоинств, присущих быстровозводимым строительным системам, отмечаются некоторые проблемы, связанные с ними. В частности, это отсутствие нормативной базы для многоэтажных и высотных зданий [16], «тепловой

дискомфорт в летнее время и шум» [12], недостаточная изученность показателей устойчивости БСС [17] и т.д.

Авторами [18] на основе мониторинга (1995–2015 гг.) выявлены основные дефекты быстровозводимых жилых домов: трещины в местах сопряжения конструктивных элементов; разрушение стыков; отслоение облицовочного слоя. То есть основные дефекты приходятся на наружные стены, перекрытия. Они связаны с некачественным выполнением отделочных работ, что может быть обусловлено не только несоблюдением основных правил выполнения технологических процессов, но и выбором материалов. Многофакторность, высокотехнологичность БСС, в том числе и трансформируемых, инновационность модульных структурных систем рассматриваются в [19–25]. Авторами предлагаются совершенно новые решения, способствующие развитию БСС на современном этапе.

Выводы.

Современные виды БСС и технологии их возведения обширны. Если конечной целью возведения здания является сдача в эксплуатацию строительного объекта в минимальные сроки, то они все практически отвечают этому требованию благодаря высокой заводской готовности.

Если массовое строительство БСС малой и средней этажности известно в мировой строительной отрасли с середины XX столетия, то строительство высотных и уникальных БСС сало развиваться в последние десять лет.

БСС, отвечающие критериям экологической безопасности строительного производства, на современном этапе своего развития не полностью отвечают таким требованиям, как надежность, энергоэффективность, рациональность и комфортность, пригодность для эксплуатации при любых климатических условиях.

Литература

1. Абрамян С. Г., Бурлаченко О. В. Малоэтажное строительство: особенности и проблемы развития // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2014. Вып. 38(57). С. 217—227.

2. Асаул А.Н., Казаков Ю.Н., Быков В.Л., Князь И.П., Ерофеев П.Ю. Теория и практика использования быстровозводимых зданий в обычных условиях и чрезвычайных ситуациях в России и зарубежом / Под ред. д.т.н., проф. Ю.Н. Казакова - СПб.: Гуманистика, 2004. - 472 с.

3. Мушинский А.Н., Зимин С.С. Строительство быстровозводимых зданий и сооружений // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. №4(31). С. 182-193.

4. Voaf, FE, Kim, JH, Kim, JT. Performance of Modular Prefabricated Architecture: Case Study-Based Review and Future Pathways. SUSTAINABILITY. 2016. Vol. 8 (Iss. 6), Article number: 558. DOI: 10.3390/su8060558.

5. Вержбовский Г.Б. Быстровозводимые малоэтажные здания из композитных материалов // Инженерный вестник Дона, 2015, №3 URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_44_Verzhbovskiy.pdf_a4cda6cd52.pdf.

6. Абрамян С. Г., Матвийчук Т.А. К вопросу об энергетической эффективности зданий и сооружений // Инженерный вестник Дона, 2017, №1. URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_45_Abramyan.pdf_2cfc520c48.pdf.

7. Абрамян С. Г., Матвийчук Т.А. Обеспечение энергоэффективности зданий за счет применения нового теплоизоляционного материала – пенокомпозита // Инженерный вестник Дона, 2017, №2. URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/ivd_29_Abramyan.pdf_e4fd26f9b2.pdf.

8. Суэтина Т. А., Наназашвили И. Х., Плешивцев А. А. Организация строительства экологичных быстровозводимых зданий // Вестник Волгогр.



гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2013. Вып. 31(50). Ч. 2. Строительные науки. С. 535—539.

9. Патент № 2445423, РФ, Быстровозводимое самомонтируемое малоэтажное складываемое здание с мансардой, заявит. И.Х. Наназашвили, А.А. Плешивцев, В.И. Наназашвили, А. Н. Давыдов, патентообл. И.Х. Наназашвили, А.А. Плешивцев, В.И. Наназашвили, А. Н. Давыдов, заявл. 22.09.2010, опубл. 20.03.2012, Бюл. № 8 – 12 с.

10. Gunawardena, T., Ngo, T., Mendis, P., Alfano, J. Innovative Flexible Structural System Using Prefabricated Modules. JOURNAL OF ARCHITECTURAL ENGINEERING. 2016. Vol. 22 (Iss. 4), Article number: 05016003. DOI: 10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000214.

11. Lee, J., Kim, J. BIM-Based 4D Simulation to Improve Module Manufacturing Productivity for Sustainable Building Projects. SUSTAINABILITY. 2017. Vol. 9 (Iss. 3), Article number: 426. DOI: 10.3390/su9030426.

12. Woo, J. A Post-Occupancy Evaluation of a Modular Multi-Residential Development in Melbourne, Australia. Procedia Engineering. 2016. Vol. 180, pp. 365-372. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.04.195.

13. Gallo, P., Romano, R. Adaptive facades, developed with innovative nonmaterial's, for a sustainable architecture in the Mediterranean area. Procedia Engineering. 2016. Vol. 180, pp. 1274-1283. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.04.289.

14. Han, YJ, Zhu, WZ. The Development of Modular Building in China. 2016 International Conference on Applied Mechanics, Electronics and Mechatronics Engineering (AMEME). Beijing, PEOPLES R CHINA MAY 28-29, 2016, pp. 204-207.

15. Zhang, JY, Long, YT, Lv, SQ, Xiang, YC. BIM-enabled Modular and Industrialized Construction in China. Procedia Engineering. 2016. Vol. 145, pp. 1456-1461. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.04.183.



16. Ramaji, IJ; Memari, AM. Product Architecture Model for Multistory Modular Buildings. Journal of Construction Engineering And Management. 2016. Vol. 142 (Iss. 10), Article number: 04016047. DOI: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001159.

17. Marjaba, GE, Chidiac, SE. Sustainability and resiliency metrics for buildings - Critical review. Building and Environment. 2016. Vol. 101, pp. 116-125. DOI: 10.1016/j.buildenv.2016.03.002.

18. Бадьин Г.М., Сычев С.А. Анализ дефектов монтажа и эксплуатации быстровозводимых конструкций // Современные проблемы науки и образования. 2015. №2-1. URL: science-education.ru/ru/article/view?id=21019 (дата обращения: 19.10.2017).

19. Сычев С.А. Методика выбора схем комплексной механизации модульного строительства // Инженерный вестник Дона, 2015, №4. URL:ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_3_Sychev.pdf_47488937d0.pdf.

20. Svajlenka, J., Kozlovska, M., Spisakova, M. The benefits of modern method of construction based on wood in the context of sustainability. International Journal of Environmental Science and Technology. 2017. Vol. 14 (Iss. 8), pp. 1591-1602 DOI: 10.1007/s13762-017-1282-6.

21. Chen, ZH, Liu, JD, Yu, YJ. Experimental study on interior connections in modular steel buildings. Engineering Structures. 2017. Vol. 147, pp. 625-638. DOI: 10.1061/j.engstruct.2017.03.002.

22. Liu, GW, Li, KJ, Zhao, D., Mao, C. Business Model Innovation and Its Drivers in the Chinese Construction Industry during the Shift to Modular Prefabrication. Journal of Management in Engineering. 2017. Vol. 33 (Iss. 3), Article number: 04016051. DOI: 10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000501.



23. Park, HK, Ock, JH. Unit modular in-fill construction method for high-rise buildings. KSCE Journal of Civil Engineering. 2016. Vol. 20 (Iss. 4), pp. 1201-1210. DOI: 10.1007/s12205-015-0198-2.

24. Ganiyu, BO, Fapohunda, JA, Haldenwang, R. Construction Approaches to Enhance Sustainability in Affordable Housing in Developing Countries. 2015 World Congress on Sustainable Technologies (WCST). London, ENGLAND, DEC 14-16, 2015, pp. 101-107.

25. Kozlovska, M., Kaleja, P., Strukova, Z. Sustainable Construction Technology Based on Building Modules. Advanced Materials Research. 2014. Vol. 1041, pp. 231-234. DOI:10.4028/www.scientific.net/AMR.1041.231.

References

1. Abramyan S. G., Burlachenko O. V. Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture] (Rus), 2014, iss. 38(57), pp. 217—227.

2. Asaul A.N., Kazakov Ju.N., Bykov V.L., Knjaz' I.P., Erofeev P.Ju. Teorija i praktika ispol'zovanija bystrovozvodimyh zdaniy v obychnyh uslovijah i chrezvychajnyh situacijah v Rossii i zarubezhom [Theory and practice of using prefabricated buildings under normal conditions and emergencies in Russia and abroad]. SPb.: Gumanistika, 2004. 472 p.

3. Mushinskiy A.N., Zimin S.S. Construction of Unique Buildings and Structures (Rus), 2015, 4(31), pp. 182-193.

4. Boafu, FE, Kim, JH, Kim, JT. Performance of Modular Prefabricated Architecture: Case Study-Based Review and Future Pathways. SUSTAINABILITY. 2016. Vol. 8 (Iss. 6), Article number: 558. DOI: 10.3390/su8060558.

5. Verzhbovskij G.B. Inženernyj vestnik Dona (Rus). 2015. №3. URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_44_Verzhbovskiy.pdf_a4cda6cd52.pdf
 6. Abramyan S.G., Matvijchuk T.A. Inženernyj vestnik Dona (Rus). 2017. №1. URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_45_Abramyan.pdf_2cfc520c48.pdf.
 7. Abramyan S.G., Matvijchuk T.A. Inženernyj vestnik Dona (Rus). 2017. №2. URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/ivd_29_Abramyan.pdf_e4fd26f9b2.pdf.
 8. Sujetina T. A., Nanazashvili I. H., Pleshivcev A. A. Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture] (Rus), 2013. Iss. 31(50). P. 2. Building sciences. Pp. 535—539.
 9. Patent № 2445423, RF, Bystrovozvodimoe samomontiruemoje malojetazhnoje skladyvaemoje zdanie s mansardoj, zajavit. I.H. Nanazashvili, A.A. Pleshivcev, V.I. Nanazashvili, A. N. Davydov, patentoobl. I.H. Nanazashvili, A.A. Pleshivcev, V.I. Nanazashvili, A. N. Davydov, zajavl. 22.09.2010, opubl. 20.03.2012, Bjul. № 8 – 12 p.
 10. Gunawardena, T., Ngo, T., Mendis, P., Alfano, J. Innovative Flexible Structural System Using Prefabricated Modules. JOURNAL OF ARCHITECTURAL ENGINEERING. 2016. Vol. 22 (Iss. 4), Article number: 05016003. DOI: 10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000214.
 11. Lee, J., Kim, J. BIM-Based 4D Simulation to Improve Module Manufacturing Productivity for Sustainable Building Projects. SUSTAINABILITY. 2017. Vol. 9 (Iss. 3), Article number: 426. DOI: 10.3390/su9030426.
 12. Woo, J. A Post-Occupancy Evaluation of a Modular Multi-Residential Development in Melbourne, Australia. Procedia Engineering. 2016. Vol. 180, pp. 365-372. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.04.195.
-



13. Gallo, P., Romano, R. Adaptive facades, developed with innovative nanomaterials, for a sustainable architecture in the Mediterranean area. *Procedia Engineering*. 2016. Vol. 180, pp. 1274-1283. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.04.289.

14. Han, YJ, Zhu, WZ. The Development of Modular Building in China. 2016 International Conference on Applied Mechanics, Electronics and Mechatronics Engineering (AMEME). Beijing, PEOPLES R CHINA MAY 28-29, 2016, pp. 204-207.

15. Zhang, JY, Long, YT, Lv, SQ, Xiang, YC. BIM-enabled Modular and Industrialized Construction in China. *Procedia Engineering*. 2016. Vol. 145, pp. 1456-1461. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.04.183.

16. Ramaji, IJ; Memari, AM. Product Architecture Model for Multistory Modular Buildings. *Journal of Construction Engineering And Management*. 2016. Vol. 142 (Iss. 10), Article number: 04016047. DOI: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001159.

17. Marjaba, GE, Chidiac, SE. Sustainability and resiliency metrics for buildings - Critical review. *Building and Environment*. 2016. Vol. 101, pp. 116-125. DOI: 10.1016/j.buildenv.2016.03.002.

18. Bad'in G.M., Sychev S.A. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, (Rus), 2015. № 2-1. URL: science-education.ru/ru/article/view?id=21019.

19. Sychev S.A. *Inzhenernyj vestnik Dona* (Rus). 2015. №4. URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_3_Sychev.pdf_47488937d0.pdf.

20. Svajlenka, J., Kozlovska, M., Spisakova, M. The benefits of modern method of construction based on wood in the context of sustainability. *International Journal of Environmental Science and Technology*. 2017. Vol. 14 (Iss. 8), pp. 1591-1602 DOI: 10.1007/s13762-017-1282-6.



21. Chen, ZH, Liu, JD, Yu, YJ. Experimental study on interior connections in modular steel buildings. *Engineering Structures*. 2017. Vol. 147, pp. 625-638. DOI: 10.1061/j.engstruct.2017.03.002.

22. Liu, GW, Li, KJ, Zhao, D., Mao, C. Business Model Innovation and Its Drivers in the Chinese Construction Industry during the Shift to Modular Prefabrication. *Journal of Management in Engineering*. 2017. Vol. 33 (Iss. 3), Article number: 04016051. DOI: 10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000501.

23. Park, HK, Ock, JH. Unit modular in-fill construction method for high-rise buildings. *KSCE Journal of Civil Engineering*. 2016. Vol. 20 (Iss. 4), pp. 1201-1210. DOI: 10.1007/s12205-015-0198-2.

24. Ganiyu, BO, Fapohunda, JA, Haldenwang, R. Construction Approaches to Enhance Sustainability in Affordable Housing in Developing Countries. 2015 World Congress on Sustainable Technologies (WCST). London, ENGLAND, DEC 14-16, 2015, pp. 101-107.

25. Kozlovska, M., Kaleja, P., Strukova, Z. Sustainable Construction Technology Based on Building Modules. *Advanced Materials Research*. 2014. Vol. 1041, pp. 231-234. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.1041.231.