

Е.Т. Ауесбаев^{1*}, М.С. Куралбек²

¹ Международная образовательная корпорация (кампус КазГАСА), Алматы, Казахстан

² Сатбаев Университет, Алматы, Казахстан

Информация об авторах:

Ауесбаев Ерлан Тыныштыкбаевич – доктор технических наук, Международная образовательная корпорация (кампус КазГАСА), Алматы, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0002-2143-855X>, e-mail: eauesbaev@mail.ru

Куралбек Малика – магистрант, Сатбаев Университет, Алматы, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0002-5517-2059>, e-mail: k.malika_98@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ЛСТК В ПРОЕКТИРОВАНИИ МАЛОЭТАЖНЫХ БЫСТРОВЗВОДИМЫХ ЗДАНИЙ

Аннотация. *В статье проанализирован опыт строительства модульной технологии разных стран, в том числе и Республики Казахстан. Выявлены преимущества и недостатки применения данной технологии с последующим определением путей оптимизации быстровозводимого блочно-модульного строительства. Описаны способы и методы применения легких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК) для строительства быстровозводимых зданий.*

Ключевые слова: *быстровозводимые здания, легкие стальные тонкостенные конструкции, балки с гофрированной стенкой, блочно-модульное строительство, унификация.*

Строительство модульных зданий – это тенденция, которая на сегодняшний день переживает новое применение и набирает популярность по всему миру. А ведь всего несколько десятилетий назад они ассоциировались лишь со строительными бытовыми сооружениями. Но уже сейчас из модулей возводят разнообразные по форме и величине, разного назначения строения: офисные, детские учреждения, школы, больницы, развлекательные центры и т.д. Сфера применения быстровозводимых зданий довольно обширна, ведь все строения из готовых блоков отличаются энергоэффективностью, возможностью монтажа в стесненных и неблагоприятных условиях, технологичностью сборки. Также они оснащены электричеством, водоснабжением и канализацией, отоплением и вентиляцией, могут иметь дизайнерские решения.

Развитие модульных зданий началось с середины XX века как следствие промышленного роста в США. Если модульные здания тех времен были в виде вагончиков, сейчас они представляют собой секционные сборные здания, которые состоят из нескольких блоков, так называемых модулей. Производство секции выполняется на заводах, затем они транспортируются на место строительства. Внутренняя и внешняя отделка модулей выполняется на заводах, что довольно таки удобно. Однако полная сборка завершается на месте: собранные секции переносятся с помощью крана и устанавливаются на фундамент. Модули вначале крепятся друг к другу, но при необходимости расширения помещений их легко можно добавить или убрать без каких-либо нарушений конструкции.

Материалы и методы: ЛСТК-гофрированные балки; Дисперсионный анализ (исследование взаимосвязи между толщиной стенки и несущей способностью, в первом случае – металлических профилей, во втором – гофробалок при помощи составления математической модели).

Результаты и обсуждения

Подтверждение надежности зданий (каркаса) при применении гофробалок. Применение гофробалок для большепролетных БМЗ минимизирует расхода металлопроката на 30%.

Как известно, БМЗ популярны в первую очередь из-за стоимости – недорогие блок-контейнеры позволяют строить здания с минимальными затратами. При этом качество и комфорт никак не пострадают, так как их производство осуществляется с использованием передовых технологий и современных эко-материалов.

Проанализировав зарубежный и отечественный опыт, можно сделать вывод, что на сегодняшний день было разработано немалое количество технологичного быстрого возведения зданий, и каждая из них имеет свои преимущества и недостатки. Однако именно блочно-модульные здания считаются основой современного строительства, ведь благодаря главному преимуществу, как срок монтажа, они заняли большую долю рынка за такой срок [1].

Блочно-модульные здания являлись сборно-разборными сооружениями различных размеров, которые состоят из модулей определенной конфигурации. Основой считается металлокаркас, элементы которого соединяются сварочными работами [1]. Однако через определенное время было выявлено, что при таком раскладе необходим большой объем металла, а сварочные работы занимали существенное время. Таким образом, на рынок пришли легкие стальные конструкции из тонкой стали (ЛСТК) толщиной до 3 мм. С их помощью был решен вопрос по снижению веса конструкции, при этом вопрос по обеспечению надежности оставался всё еще открытым.

Балки с гофрированной стенкой – это конструкции, которые состоят из поясов произвольного сечения и тонкой металлической стенки, которая в поперечном направлении изогнута. В условиях статической нагрузки балка работает по схеме, в которой изгибающие моменты и нормальные силы воспринимаются гофрированной стенкой. В обычных балках толщина стенки, по условиям прочности на срез, была бы примерно в 2-4 раза меньше, чем необходимо по условиям местной устойчивости. Поперечные ребра жесткости, которые обеспечивают нам местную устойчивость, являются диафрагмами, существенно повышающими крутильную жесткость балки. Это и повлияло на гофрирование стенок, при этом отпала и необходимость в поперечных ребрах жесткости (за исключением в опорных и сосредоточенных силах).

Ранее препятствием к внедрению таких балок являлось недостаточное исследование, однако на сегодняшний день были выполнены экспериментальные исследования, которые показали такие преимущества, как [2]:

- благодаря гофрированной стенке конструкция балки эффективно воспринимает изгибающий момент;

- материалоемкость гофробалок на 10-30% меньше в сравнении с обычными сварными балками и на 40-60% – в сравнении с горячекатанными балками;
- из-за малого собственного веса гофробалки позволяют перекрывать пролёты до 40 м, а также использовать облегченный фундамент;
- отпадает необходимость в поперечных ребрах жесткости, за исключением опорных мест и мест сосредоточения значительных сил;
- гофрированные балки – хорошая альтернатива классическим фермам. При одинаковой высоте балок и ферм металлоемкость их сопоставима, но трудоемкость проектирования и изготовления балок ниже;
- при больших пролетах (20 м и более) высота классической фермы достигает 2,4 м, при том, что высота балки с гофрированной стенкой доходит до 1,5 м, что в целом экономит строительную высоту. Таким образом, здание можно сделать ниже, сэкономя на ограждающих конструкциях и на отоплении, с учетом того, что обогреваемый объем здания будет меньше, а полезный объем останется без изменений;
- в связи с меньшими габаритами конструкций гофробалки проще размещать, экономя еще и на транспорте;
- благодаря идеальной точности изготовления и удобным болтовым соединениям гофробалки быстро монтируются;
- благодаря высокой антикоррозийной защите (оцинкованное покрытие), отпадает необходимость в дополнительной обработке гофробалок;
- оригинальный внешний вид гофробалок может сделать их характерным элементом дизайна.

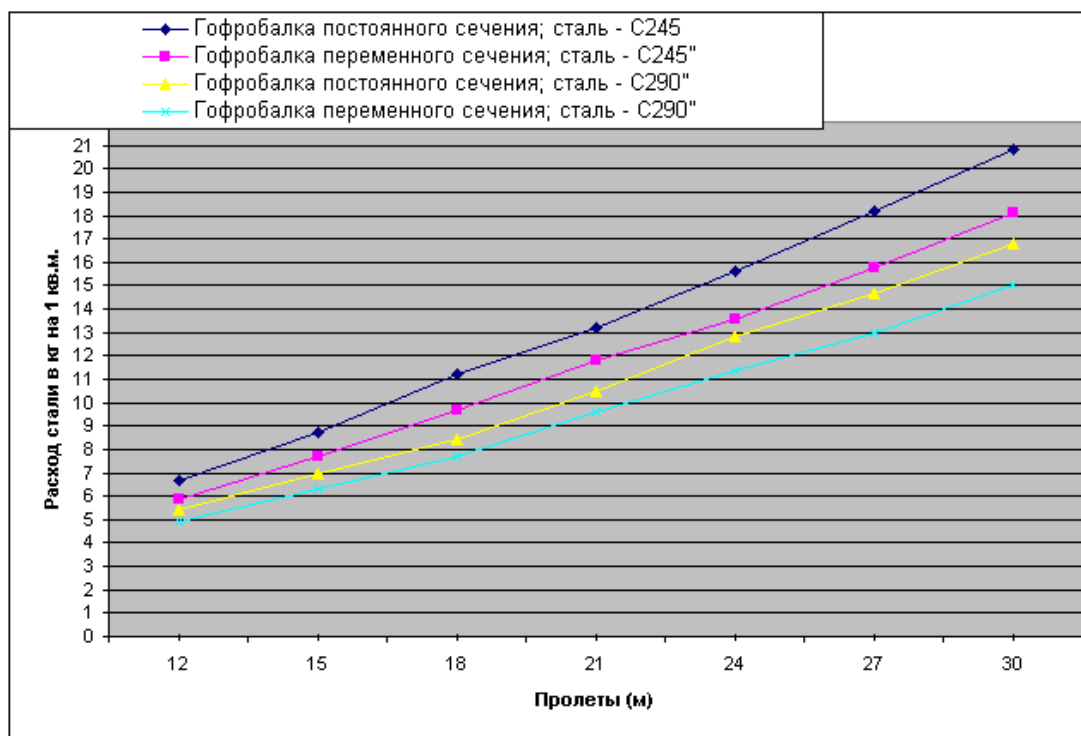


Рисунок 1 – Расчет гофробалок [материал автора]

Также наряду с этими исследованиями были проведены работы по выявлению расходов стали на гофробалки в зависимости от их сечения и классов. Были рассчитаны балки с постоянным сечением, с переменным сечением поясов вдоль пролета и с применением для поясов сталей классов С245 и С290 [3]. Результаты расчетов представлены в графической форме на рисунке 1.

Согласно данным этого графика можно сделать вывод, что изменение сечения поясов по длине балки дает определенную экономию металла, которая повышается при увеличении пролета. Применение бистальных балок с поясами из стали класса С290 и стенкой из стали класса С245 также существенно повышает экономию металла.

Анализ данных публикаций показывает, что сборные модульные конструкции обеспечивают стратегическое развитие «рентабельного и быстровозводимого строительства» и становятся более популярными [4], способствуют устойчивому развитию строительного производства [5], снижают уровень опасных воздействий на окружающую среду, так как отходы строительных материалов незначительны и при строительстве используется минимальное количество машин и механизмов [6].

В условиях экономических ограничений индустриализация строительства, в том числе за счет создания модульных систем, решает многие проблемы улучшения современного строительства, и здесь очень важно значение имеет создание нормативной базы по проектированию модульной технологии. На сегодняшний день Казахстан имеет всего лишь один стандарт по проектированию модульных зданий СТ РК 3190-2018. Здания блочно-модульные. Технические условия. Однако на быстрорастущем рынке данных технологий недостаточно, так как аспекты по сейсмостойкости, многоэтажности и т.д. здесь еще не рассмотрены. На это и указывает еще зарубежный опыт в виде строительства пятизвездочного отеля в провинции Китая Хуань на берегу озера Дунтин (рис. 3-5). Его высота – 30 этажей, общая площадь – 17 тыс. м². Данный отель был построен всего за 15 суток. При этом для монтажа здания понадобились совсем небольшая группа строителей (200 человек) и всего один башенный кран. Разработкой и реализацией проекта занималась компания BSB (BroadSustainable-Building), причем в состав работ, совершенных в столь короткие сроки, вошли также отделка и «начинка» здания. А самым главным является строительство самого высокого в мире модульного дома 461Dean в Бруклине (Нью-Йорк). Это 32-этажное здание высотой 109 м, состоящее из 930 модулей, каждый из которых полностью укомплектован в заводских условиях. Автор проекта – архитектурная фирма SHoPArchitects [7].

Зарубежный опыт показывает нам, что быстровозводимые объекты могут быть не только малоэтажными, но и высотными и уникальными. Нужно отметить, что все они стали быстровозводимыми не только благодаря готовым блокам, но и упрощенному каркасу из ЛСТК, ведь при строительстве практически отсутствовали сварные работы. Их место заняли высокопрочные болты, которые позволяли сэкономить время и сопутствовали экологичному строительству, не оставляя после себя строительных отходов. Таким образом, можно уверенно

сказать, что решение применить балки с гофрированной стенкой в строительстве модульных зданий лишь поспособствует ее продвижению в нашей стране, а в будущем и нахождению новых решений по применению таких балок или новых конструкций на основе улучшения их качеств.

Итак, бесспорно, сейчас мы наблюдаем как созревает новый золотой век модульного энергоэффективного строительства. Всё это благодаря таким преимуществам, как:

- производство качественного продукта в оптимальных заводских условиях, минимизацию неблагоприятных воздействий стройплощадки;
- организованность и последовательность рабочего процесса;
- сокращение трудоемкости работ на строительной площадке;
- быстрая окупаемость проекта;
- возможность разделения строительства здания и отдельных видов работ по независимым эксплуатационным блокам;
- снижение загрязнения окружающей среды в районе строительства.

Хоть за ними и будущее, но они имеют еще и недостатки в виде увеличения грузоподъемности используемых механизмов и транспорта; необходимостью первоочередного закупа импортных блоков-модулей; отсутствия необходимого оборудования, обученного персонала, внедрения специального программного обеспечения для производства модулей с точным соблюдением проектных решений и высокого качества; отсутствия стадии проектирования «Заводская документация», норм контроля качества производства модульных блоков и строительно-монтажных работ); сложности транспортировки модульных блоков.

Заключение

Резюмируя вышеизложенное, можно сказать, что вышеперечисленные факторы могут привести к удорожанию строительства здания методом объемных элементов по сравнению с другими технологиями. Однако, учитывая тот факт, что модули покидают территорию завода полностью оснащенными всеми оборудованием, в итоге они все-таки являются наиболее экономически выгодными.

Литература:

1. Санникова Г.Л. Особенности технологии строительства быстровозводимых зданий и сооружений. *Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral»*. 2018, 4, 47-54.
2. Дмитриева Т.Л., Уламбар Х. Использование балок гофростенкой в современном проектировании. *Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость*. 2015.,4 (15),132-139.
3. Гофробалки. Эффективность применения балок с гофрированной стенкой для покрытий с пролетами 12-30м. [Электрон. ресурс] - <http://www.greenkaska.ru/metal/balka/effectivnost/> (дата обращения: 15.12.2022).
4. Гунавардена Т., Нго Т., Мендис П., Альфано Дж. Инновационная гибкая конструктивная система с использованием готовых модулей. *Архитектурный журнал*. 2016, 22(4), 5016003. DOI: 10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000214.

5. Ли Дж., Ким Дж. 4D-моделирование на основе BIM для повышения производительности производства модулей для проектов устойчивого строительства. *Устойчивость*. 2017, 9(3), 426. DOI: 10.3390/su9030426.
6. Ву Дж. Оценка модульного многоквартирного дома после заселения в Мельбурне, Австралия. *Процедия Инжиниринг*. 2016, 180, 365-372. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.04.195.
7. Захаров М.В., Пономарев А.Б. Опыт строительства зданий и сооружений по модульной технологии. *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура*. 2017, 8(1) 148–155.

References:

1. Sannikova G.L. *Osobennosti tekhnologii stroitel'stva bystrovozvodimyh zdaniy i sooruzhenij [Features of the construction technology of prefabricated buildings and structures] Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh nauk i tekhnologij «Integral» = International Journal of Applied Sciences and Technologies "Integral"*. 2018, 4, 47-54. (in Russ.)
2. Dmitrieva T.L., Ulambar H. *Ispol'zovanie balok gofrostennoj v sovremennom proektirovanii [The use of corrugated wall beams in modern design] Izvestiya vuzov. Investicii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Izvestiyavuzov. Investments. Building. The property*. 2015, 4 (15), 132-139. (in Russ.)
3. Gofrobalki. *Effektivnost primeneniya balok s gofirovannoy stenкой dlya pokryitij s proletami 12-30 m. [The effectiveness of the use of corrugated wall beams for coatings with spans of 12-30 m.] [Elektron. resurs] - http://www.greenkaska.ru/metal/balka/effektivnost/ (data obrascheniya: 15.12.2022)*. (in Russ.)
4. Gunawardena, T., Ngo, T., Mendis, P., Alfano, J. *Innovative Flexible Structural System Using Prefabricated Modules. Journal of architectural engineering*. 2016, 22 (4), 05016003. DOI:10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000214. (in Eng.)
5. Lee J., Kim J. *BIM-Based 4D Simulation to Improve Module Manufacturing Productivity for Sustainable Building Projects. Sustainability*. 2017, 9(3), 426. DOI:10.3390/su9030426. (in Eng.)
6. Woo J.A *Post-Occupancy Evaluation of a Modular Multi-Residential Development in Melbourne, Australia. Procedia Engineering*. 2016, 180, 365-372. DOI:10.1016/j.proeng.2017.04.195. (in Eng.)
7. Zakharov M.V., Ponomarev A.B. *Scientific article: Experience in the construction of buildings and structures using modular technology. Bulletin of the Perm National Research Polytechnic University. Construction and architecture*. 2017, 8(1), 148–155. (in Eng.)

Е.Т. Әуесбаев^{1*}, М.С. Құралбек²

¹Халықаралық білім беру корпорациясы (ҚазБСҚА кампусы), Алматы, Қазақстан

²Сәтбаев атындағы университет, Алматы, Қазақстан

Авторлар туралы мәліметтер:

Әуесбаев Ерлан Тыныштықбайұлы – техника ғылымдарының докторы, Халықаралық білім беру корпорациясы (ҚазБСҚА кампусы), Алматы, Қазақстан

<https://orcid.org/0000-0002-2143-855X>, e-mail: eauesbaev@mail.ru

Құралбек Малика – магистрант, Сәтбаев Университеті, Алматы, Қазақстан

<https://orcid.org/0000-0002-5517-2059>, e-mail: k.malika_98@mail.ru

ТӨМЕН ҚАБАТТЫ АЛДЫН АЛА ҚАЙТА ҚҰРЫЛҒАН ҒИМАРАТТАРДЫ ЖОБАУДА ЖЕҢІЛ БОЛАТТАН ЖАСАЛҒАН ЖҰҚА ҚАБЫРҒАЛЫ КОНСТРУКЦИЯЛАР ҚОЛДАНУ

Аңдатпа. Мақалада әртүрлі елдерде, соның ішінде Қазақстан Республикасында модульдік технологияны құру тәжірибесі талданады. Бұл технологияны қолданудың артықшылықтары мен кемшіліктері құрастырмалы блок-модульдік құрылысты оңтайландыру жолдарын кейіннен анықтаумен анықталады. Құрастырмалы ғимараттарды салу үшін жеңіл болаттан жасалған жұқа қабырғалы конструкцияларды (ЖБЖК) пайдалану жолдары мен әдістері сипатталған.

Түйін сөздер: құрастырмалы ғимараттар, жеңіл болаттан жасалған жұқа қабырғалы конструкциялар, қабырғалы қабырға арқалықтары, блокты-модульдік құрылыс, унификация.

Ү.Т. Ауесбайев^{1*}, М.С. Куралбек²

¹ International Educational Corporation (Campus KazGASA), Almaty, Kazakhstan
² Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

Information about authors:

Auysbayev Yerlan Tynyshtykbaevich – Doctor of Technical Sciences, International Educational Corporation (Campus KazGASA), Almaty, Kazakhstan

<https://orcid.org/0000-0002-2143-855X>, e-mail: eauesbaev@mail.ru

Kuralbek Malika – graduate student, Satbayev University

<https://orcid.org/0000-0002-5517-2059>, e-mail: k.malika_98@mail.ru

THE USE OF LIGHT STEEL THIN-WALLED STRUCTURES IN THE DESIGN OF LOW-RISE PREFABRICATED BUILDINGS

Abstract. The article analyzes the experience of building modular technology in different countries, including the Republic of Kazakhstan. The advantages and disadvantages of using this technology are revealed with the subsequent determination of ways to optimize prefabricated block-modular construction. The ways and methods of using light steel thin-walled structures (LSTS) for the construction of prefabricated buildings are described.

Keywords: pre-fabricated buildings, light steel thin-walled structures, corrugated wall beams, block-modular construction, unification.