



УДК 624.05

ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ МОНТАЖА КАРКАСНО-ПАНЕЛЬНЫХ БЫСТРОВЗВОДИМЫХ ЗДАНИЙ

Ю. И. Тилинин, Д. А. Животов, В. Ю. Тилинин

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Санкт-Петербург, Россия

Исследуется технологичность быстровозводимого домостроения, основанного на основе финской методики деревянных сбор-разборных каркасно-щитовых систем и каркасно-панельных строительных систем из легких стальных конструкций и сэндвич-панелей, применяемых в России и за рубежом. Определена область применения данного вида технологий, который применим в целях оперативного обустройства территории базирования нефтяников, строителей и военных гарнизонов на новом месте. Рассмотрен успешный многолетний опыт строительства жилых, общественных и производственных зданий из сборных элементов строительной системы «Модуль», а также современный опыт использования технологий быстровозводимого домостроения при строительстве госпиталей Минобороны России. Проанализированы технические средства повышения технологичности быстровозводимых зданий за счет совершенствования процессов сверления отверстий в легких стальных конструкциях, пиления тонколистового металла, транспортировки, подачи и крепления сэндвич-панелей. Найден коэффициент технологичности строительной системы «ЛСТК и сэндвич-панели» по отношению к быстровозводимой строительной системе «Модуль».

Ключевые слова: быстровозводимые дома, ЛСТК, металлокаркас, технология, установка, сборка.

IMPROVING THE PROCESSABILITY OF INSTALLATION OF FRAME-PANEL PREFABRICATED BUILDINGS

Yu. I. Tilinin, D. A. Zhivotov, V. Yu. Tilinin

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint Petersburg, Russia

The article examines the manufacturability of prefabricated housing construction based on the Finnish technology of wooden prefabricated frame-panel systems and frame-panel construction systems made of light steel structures and sandwich panels used in Russia and abroad. Defined scope of technology of prefabricated housing that is applicable for the purpose of operational land-based oil workers, construction workers and military garrisons in the new place home. Considered by many years of successful experience in construction of residential, public and industrial buildings prefabricated construction system "Module", and the modern experience of using the technology of prefabricated housing in the construction of hospitals, the Ministry of defense of Russia. The technical means of increasing the manufacturability of prefabricated buildings by improving the processes of drilling holes in light steel structures, sawing sheet metal, transporting, feeding and fixing sandwich panels are considered. The coefficient of manufacturability of the construction system "LSTK and sandwich panels" in relation to the prefabricated construction system "Module" is determined.

Keywords: prefabricated buildings, LSTK, metal frame, technology, installation, assembly.

В Россию первые каркасные дома «пришли» из Финляндии. Их так и называли – финские дома. Появились они в массовом строительстве еще в 30-е гг. прошлого века. Это были сборные дома из деревянных панелей, представляющих собой деревянный каркас, обитый вагонкой. Впоследствии вместо вагонки стали применять фанеру. Вначале использовался утеплитель стен из древесных опилок, стружки, а потом – мягкие древесно-волокнистые плиты, а теперь уже пенополистирол и минераловатный утеплитель. В развитие науки и практики применения подобных технологий внесли значительный вклад: Н. Карасев, Ю. Казаков, И. Степанов, И. Ткаченко, Б. Флеров, Б. Петраков, Б. Мясников, Ю. Слюсаренко, А. Немчинский, П. Олейник, Ю. Капустин, А. Васильев, Н. Староверов, А. Субетто, К. Хацкевич, Б. Блохин, Б. Прыкин, Г. Доманин, Н. Сапрыкина, Ю. Баталии, Д. Паньковский, Ю. Муравьев, А. Школьник, А. Татарин, С. Костромин, А. Соломатин, В. Казачковский, А. Абакумов, Л. Фейгель и многие другие специалисты. Большие перспективы использования легких быстровозводимых зданий для оперативного обустройства территории базирования нефтяников, строителей отдаленных объектов и временного обустройства военных гарнизонов на новом месте [1].

Оперативное обустройство территории заключается в создании за короткий промежуток времени на территории базирования необходимых жилищно-бытовых и производственных условий с использованием технологий быстровозводимого домостроения и быстрой прокладки инженерных сетей [2].

В XX в. была эффективна система «Модуль», широко применявшаяся для возведения жилых, общественных и производственных двухэтажных зданий при временном обустройстве удаленных от городов территорий базирования строительных организаций [3].

На сегодняшний день в России жилищно-коммунальное хозяйство потребляет порядка 45 % производимой в стране энергии. С 2009 г. в России действует Федеральный закон № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности». Целью настоящего Федерального закона является создание правовых, экономических и организационных основ стимулирования энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

Исходя из этого, можно с уверенностью предположить, что в ближайшее время будут интенсивно повышать энергоэффективность зданий с целью удовлетворения современных требований к теплопроводности ограждающих конструкций зданий.



Рис. 1. Быстровозводимая строительная система «Модуль» в процессе монтажа [3]

В современных условиях быстровозводимое строительство развивается на основе применения строительных систем каркасного типа с устройством стен и покрытия из сэндвич-панелей. По этой технологии оперативно возводятся госпитали и фельдшерские пункты, производственно-логистические центры. В качестве каркаса служат сборные колонны, фермы и прогоны из легких стальных конструкций (ЛСТК). К каркасу крепятся сэндвич-панели. Соединение элементов выполняется с помощью болтов, заклепок и саморезов. В качестве элементов каркаса применяются легкие стальные С-профили, изготовленные на заводе из цельной или перфорированной листовой стали толщиной 0,8; 1,0; 1,2; 2,0 мм, высотой профиля 70, 100, 150, 200, 250 мм, длиной от 100 до 12000 мм. Сталь 08 ПС ХП с цинковым покрытием не менее 18 мкм соответствует ГОСТ 14918 и ГОСТ Р52246. Также применяются профили стоечный (рис. 2), который имеет высоту 150, 175, 200, 250 мм, Z-образный и направляющий оцинкованный [4–6].

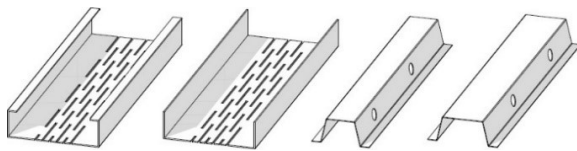


Рис. 2. Стоечный, направляющий и шляпный оцинкованные профили ЛСТК

Для крепления элементов легких стальных конструкций в основном применяют болтовое соединение (рис. 3) [18].

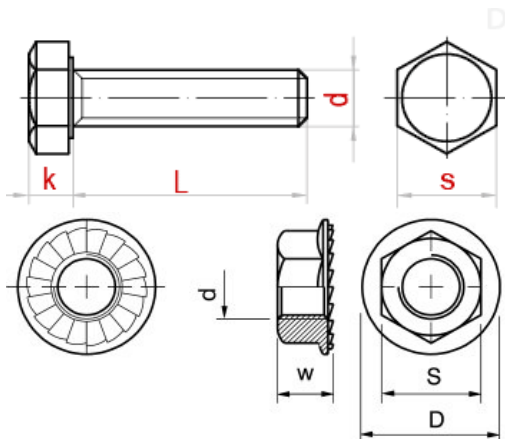


Рис. 3. Болт с шестигранной головкой, полная резьба, высокопрочный, оцинкованный. Стандарт DIN 933 и гайка шестигранная с фланцем, высокопрочная, оцинкованная. Стандарт DIN 6923

Крепление сэндвич-панелей к металлическому каркасу выполняется специальными саморезами при помощи шуруповерта мощностью 650 Вт, 2000 об/мин. Соединения листовых элементов самонарезающими шурупами с шестигранной и потайной головкой (рис. 4) отличаются технологичностью [18].

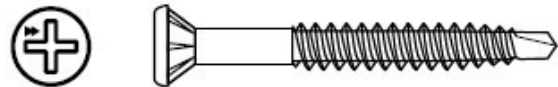


Рис. 4. Саморезы со специальной потайной головкой (Philips) с насечками, резьбой с переменным диаметром и сверлом на конце

На технологичность монтажа ЛСТК в первую очередь влияет сокращение времени на использовать ступенчатые сверла по металлу (рис. 5).

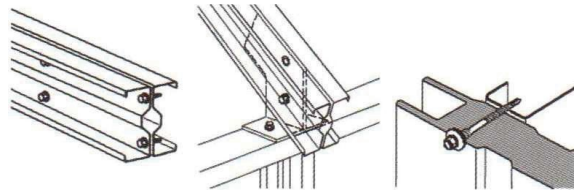


Рис. 5. Соединения элементов ЛСТК и сэндвич-панели

Основой строительной системы здания из ЛСТК является несущий каркас из холодногнутых профилей. Высота этажа в здании до 5 м, балки перекрытия – 300 мм, свободный пролет на этаже 4,9 м, а в промышленном здании со стропильными фермами из ЛСТК 18 м. Элементы из стали толщиной 1,2 мм соединяются самонарезающими винтами диаметром 4,5–6,3 мм [7–9]; более 1,2 мм – лучше соединять болтами (рис. 6).

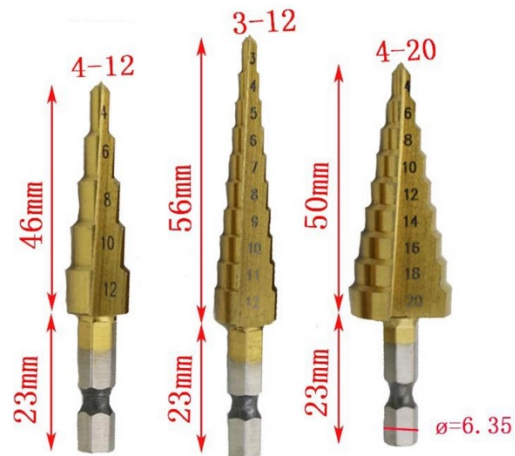


Рис. 6. Ступенчатые сверла по металлу

Сверление отверстий в тонкой стали толщиной 0,8–4 мм технологично выполнять ступенчатым сверлом, по мере увеличения отверстия

уменьшают число оборотов сверлильного инструмента. При сверлении допустимы отклонения диаметров отверстий в соответствии с требованиями СП 53-101-98 «Изготовление и контроль качества стальных строительных конструкций» (табл. 1).

Таблица 1

Предельные отклонения диаметров отверстий при сверлении

Способ выполнения отверстия	Диаметр отверстий, мм	Предельное отклонение от размера, мм
Сверление	До 27	+ 0,6
	Св. 27	+ 0,9

При монтаже стеновых и кровельных панелей выполняется подрезка тонколистового металла электрическим лобзиком и ручными ножницами по металлу.

Технологичность монтажа сэндвич-панелей можно повысить использованием автомобиля с манипулятором для транспортировки на строительную площадку и подачи к месту установки в проектное положение. Технические параметры крана-манипулятора КМУ Soosan на КАМАЗ 43118 приводятся в таблице 2.

Таблиц 2

Технические параметры крана-манипулятора КМУ Soosan на автомобиле КАМАЗ 43118

Параметр	Единица измерения параметра	Количественное значение параметра
Грузовой момент манипулятора	тм	15
Макс. высота подъема манипулятора	м	20,8 (25,8)
Макс. вылет стрелы	м	18,8 (23,8)
Вылет стрелы/ грузоподъемность манипулятора	м/т	2,5 /6
		4,3/3,7
		7,2/1,94
		10,2/1,19
		13/0,72
15,9/0,49		
18,8/0,35		
Грузоподъемность автомобиля	т	9

Масса панели длиной 13 м, шириной 1,2 м, толщиной (Н) 0,2 м (стального оцинкованного листа – 0,8 мм, рис. 7) не превышает 0,6 т, что позволяет вести монтаж сэндвич-панелей с колес манипулятором КМУ Soosan на автомобиле КАМАЗ 43118 [10, 11].

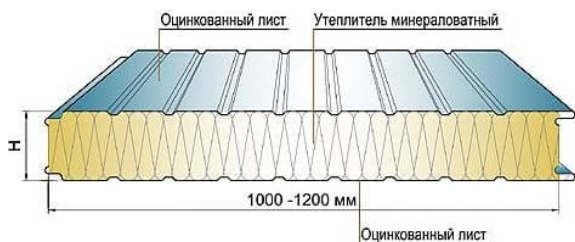


Рис. 7. Сэндвич-панель с минераловатным утеплителем

Еще одним техническим средством повышения технологичности монтажа сэндвич-панелей

является вакуумное монтажное оборудование для сборки стеновых и кровельных панелей (рис. 8), которое подвешивается на крюк крана или устанавливается на манипулятор фронтального погрузчика [12–14, 19].



Рис. 8. Вакуумное оборудование для монтажа сэндвич-панелей

Актуальность применения каркасных зданий с ограждениями из сэндвич-панелей обусловлена не только энергоэффективностью, но и строительной технологичностью возведения здания (рис. 9) [20].

Строительная технологичность ЛСТК и сэндвич-панелей складывается из технологичности изготовления и монтажа конструкций и характеризуется следующими показателями:

- 1) заводской выработкой м² /чел.-час;
- 2) построечной выработкой м² /чел.-час.

Кроме того, строительную систему характеризует этажность, долговечность и огнестойкость [15–17].



Рис. 9. Система критериев строительной технологичности [16]

При расчете показателя технологичности (K_T), представляющего собой соотношение выработки при изготовлении или монтаже (t_i) системы «ЛСТК и сэндвич-панели» с аналогичной выработкой ($t_б$) базовой строительной системы («Модуль»), применяют формулу:

$$K_T = t_i/t_6.$$

Превышение или снижение ΔK_T коэффициента технологичности строительной системы «ЛСТК и сэндвич-панели» по отношению к показателям базовой системы «Модуль» определяют по формуле:

$$\Delta K_T = K_T - 1.$$

Аналогичный подход применяется и к другим показателям технологичности (табл. 3).

Таблица 3

Оценка коэффициента технологичности каркасно-панельной строительной системы «ЛСТК и сэндвич-панели» в сравнении с системой «Модуль»

Показатель	ЛСТК и сэндвич-панели	Система «Модуль»	Отношение показателей гр. 3 к гр. 4	Коэффициент отклонения показателя технологичности (показатель гр. 5 минус единица)
Выработка заводская, м ² /чел.-час	0,35	0,21	1,6	0,6
Выработка построечная, м ² /чел.-час	2,83	3,12	0,9	-0,1
Итого превышение технологичности строительной системы «ЛСТК и сэндвич-панели» по сравнению с системой «Модуль»				0,5

Таким образом, рассмотрев технологии быстровозводимых строительных систем «Модуль» и «ЛСТК и сэндвич-панели», можно сделать вывод, что с учетом применения новых технических средств монтажа конструкций технологичность

второй строительной системы превышает первую на 50 % (без учета более высоких показателей долговечности и огнестойкости системы «ЛСТК и сэндвич-панели»).

Список литературы

1. Асаул А. Н. Теория и практика использования быстровозводимых зданий в обычных условиях и чрезвычайных ситуациях в России и зарубежом / А. Н. Асаул, Ю. Н. Казаков, В. Л. Быков, И. П. Князь, П. Ю. Ерофеев ; под ред. Ю. Н. Казакова. – СПб. : Гуманистика, 2004. – 472 с.
2. Тилинин Ю. И. Необходимость развития производства легких конструкций для обустройства войск / Ю. И. Тилинин // Градостроительные проблемы на современном этапе : сб. докл. междунар. науч.-практ. конф. 24–25 мая 2000. – 2000. – С. 194–195.
3. Казаков Ю. Н. Градостроительство в регионах России на основе быстровозводимой системы сэндвич-панелей / Ю. Н. Казаков // Вестник гражданских инженеров. – 2012. – № 2 – С. 143–144.
4. Карасев Н. Н. Мобильные здания и комплексы на основе открытых конструктивных систем / Н. Н. Карасев. – М. : Стройиздат, 1987. – 136 с.
5. Карасев Н. Н. Опыт эксплуатации мобильных зданий системы «Модуль» / Н. Н. Карасев, Ю. Н. Морозов. – Л. : ЛДНТП, 1986. – 43 с.
6. Казаков Ю. Н. Строительство жилых домов на основе панелей типа «сэндвич» / Ю. Н. Казаков, М. С. Никольский, В. И. Хренов. – СПб. : СПбГАСУ, 2015.
7. Казаков Ю. Н. Высокоскоростное строительство зданий из легких сэндвичпанельных систем : моногр. / Ю. Н. Казаков, Е. В. Хорошенькая, Ф.-М. Адам. – СПб. : СПбГАСУ, 2018. – 176 с.
8. Катранов И. Г. Винты в соединениях легких стальных тонкостенных конструкций. Ассортимент и область применения // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2010. – № 3. – С. 28–31.
9. Ведяков И. И. Несущая способность болтовых соединений легких конструкций из холодногнутого профиля малых толщин / И. И. Ведяков, П. Д. Одесский, Д. В. Соловьев // Промышленное и гражданское строительство. – 2010. – № 3. – С. 19–22.
10. Куражова В. Г. Виды узловых соединений в легких стальных тонкостенных конструкция / В. Г. Куражова, Т. В. Назмеева // Инженерно-строительный журнал. – 2011. – № 3 (21). – С. 47–52.
11. Shukhardin A. Fire simulation of light gauge steel frame wall system with foam concrete filling / A. Shukhardin, G., M. Nefedov, Gravit, I. Dmitriev, T. Nazmeeva // Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2020. – Т. 982. – С. 836–844.
12. Технология железнодорожного строительства // Э. С. Спиридонов, А. М. Примазонов, А. Ф. Акуратов, Т. В. Шепитько ; под ред. А. М. Примазонова, Э. С. Спиридонова. – М. : Учеб.-метод. центр по образованию на ж.-д. трансп., 2014. – 590 с.
13. Горлов В. Э. Иностраный опыт проведения испытаний стальных тонкостенных конструкций из холодногнутого профиля / В. Э. Горлов, Т. В. Назмеева // Природные и техногенные риски. Безопасность сооружений. – 2019. – № 4 (41). – С. 28–31.
14. Nazmeeva T. V., Vatin N. I. Numerical investigations of notched c-profile compressed members with initial imperfections / T. V. Nazmeeva, N. I. Vatin // Magazine of Civil Engineering. – 2016. – № 2 (62). – С. 92–101.
15. Технологии строительства жилых многоквартирных домов в Санкт-Петербурге / Ю. И. Тилинин, В. Ю. Тилинин // Современные направления развития технологии, организации и экономики строительства : сб. ст. по мат-лам междуз. науч.-практ. конф. – СПб. : Политехн. ун-т, 2020. – С. 54–62.
16. Дьячкова О. Н. Рациональное применение домостроительных технологий / О. Н. Дьячкова, Ю. И. Тилинин, В. А. Ратушин // Жилищное строительство. – 2020. – № 1–2. – С. 11–15. – DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2020-1-2-11-15>.
17. Юдина А. Ф. Совершенствование технологии усиления бетонных колонн при реконструкции каркасных зданий / А. Ф. Юдина, Ю. И. Тилинин, Д. А. Животов // Вестник гражданских инженеров. – 2019 – № 2 (73). – С. 104–111.
18. Инструкция пао сборке металлокаркаса: Optimum house. – Режим доступа: http://optimumhouse.ru/assets/files/upload/options/Instrukcia_po_sborke.pdf, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус. (Дата обращения: 01.01.21).
19. Монтажные системы Oktopus. Успех гарантирован опытом. Каталог 2077. – Режим доступа: http://sfsintec.ru/files/panel_lifting_katalog_2007.pdf, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус. (Дата обращения: 02.01.21).
20. Технологичность транспортных зданий / А. М. Спиридонова // Технология железнодорожного строительства. – Режим доступа: https://studref.com/527598/tehnika/tehnologichnost_transportnyh_zdaniy, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус. (Дата обращения: 02.01.21).

© Ю. И. Тилинин, Д. А. Животов, В. Ю. Тилинин

Ссылка для цитирования:

Тилинин Ю. И., Животов Д. А., Тилинин В. Ю. Повышение технологичности монтажа каркасно-панельных быстровозводимых зданий // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2021. № 1 (35). С. 34–37.