

УДК 693.9

КОНЦЕПЦИЯ МОДУЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА НА ПРИМЕРЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЕГКИХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

С.В. Шевцов¹, Н.С. Астафьева²

^{1,2} Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
г. Санкт-Петербург (Российская Федерация)

Аннотация. Развитие технологии быстровозводимых зданий очень важно на сегодняшний день. Для районов, которые пострадали от стихийных бедствий, катастроф или военных действий, быстровозводимые модульные здания являются наилучшим выходом из тяжелого положения. Здания из легких металлических конструкций отличаются своей прочностью, надежностью и экономичностью. Благодаря легкости монтажа, срок строительства зданий из легких металлических конструкций сокращается. В статье приведена сравнительная характеристика легких металлических конструкций (ЛМК) и легких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК), рассмотрены технологии строительства зданий из ЛМК и ЛСТК. Отдельное внимание уделено преимуществам использования модулей-трансформеров при строительстве быстровозводимых зданий, а также способам монтажа модульных зданий различными видами кранов. Сделан вывод о том, что концепция модульного строительства из ЛМК (особенно, из ЛСТК) имеет ряд ограничений и позволяет строить здания ограниченной этажности.

Ключевые слова: модульное строительство, модульные конструкции, быстровозводимые здания, малоэтажное строительство, многоэтажные дома, легкие металлические конструкции, ЛМК, легкие стальные тонкостенные конструкции, ЛСТК.

Ссылка для цитирования: Шевцов С.В., Астафьева Н.С. Концепция модульного строительства на примере использования легких металлических конструкций // Инженерные исследования. 2022. №3 (8). С. 30-37. EDN: BGGOMA

THE CONCEPT OF MODULAR CONSTRUCTION ON THE EXAMPLE OF THE USE OF LIGHT METAL STRUCTURES

S.V. Shevtsov¹, N.S. Astafeva²

^{1,2} Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University, St.Petersburg (Russian Federation)

Abstract. The development of the technology of prefabricated buildings is very important today. For areas that have suffered from natural disasters or military operations, prefabricated modular buildings are the best way out of a difficult situation. Buildings made of light metal structures are distinguished by their strength, reliability and efficiency. Due to the ease of installation, the construction period of buildings from light metal structures is reduced. The article presents a comparative characteristic of light metal structures (LMS) and lightweight gauge steel structures (LGSS), considers the technologies for building buildings from LMS and LGSS. Special attention is paid to the advantages of using transformer modules in the construction of prefabricated buildings, as well as to the methods of mounting modular buildings with various types of cranes. It is concluded that the concept of modular construction from LMS (especially from LGSS) has a number of limitations and allows the construction of buildings with a limited number of storeys.

Keywords: modular construction, modular structures, prefabricated buildings, low-rise construction, multi-storey buildings, light metal structures, lightweight gauge steel structures, LGSS.

For citation: Shevtsov S.V., Astafeva N.S. The concept of modular construction on the example of the use of light metal structures // Inzhenernyye issledovaniya [Engineering Research]. 2022. No.3 (8). Pp. 30-37. EDN: BGGOMA

ВВЕДЕНИЕ

Строительная технология с применением легких металлических конструкций (ЛМК) впервые появилась в Канаде в 1950 году. В России технология появилась в начале 2000-х годов. Государственные нормативы недостаточно жесткие, поэтому принято использовать европейские или международные стандарты, которые гарантируют прочность и качество каркаса. Здания из легких металлических конструкций относятся к быстровозводимым [1-3], возводятся по каркасной технологии. Такая технология позволяет возводить здания и сооружения любого назначения.

Появление технологии ЛМК было обусловлено потребностью в возведении большого количества малоэтажных зданий. На сегодняшний день здания из легких металлических конструкций активно возводят в США, Канаде, Европе, Японии и России. Доля построенных домов из легких металлических конструкций в разных странах стремительно растет. Например, спрос на ЛМК при строительстве малоэтажных зданий в Японии составляет около 15%, в США – 6%, а в Великобритании – 3%. В России¹ на использовании технологии строительства из легких металлических конструкций приходится всего 0,5%.

В настоящее время проблема проектирования, строительства и эксплуатации быстровозводимых зданий и сооружений чрезвычайно актуальна для России. Данной проблемой активно занимаются многочисленные отечественные исследователи, научные и проектные учреждения Минстроя, Минобороны, МЧС и других федеральных и территориальных ведомств. Авторами большого количества публикаций последних лет, касающихся развития быстровозводимых конструкций, являются: Рыбаков В.А., Назмеева Т.В., Жмарин Е.Н., Сычев С.А., Александров С.Е., Аль Хаснави Я.С., Безбородов Е.Л., Харламов И.В., Корсун Н.Д. и др. [4-10]. Авторы исследуют возможность использовать быстровозводимые здания в северных климатических районах, огнезащиту деревянных и металлических конструкций быстровозводимых зданий, модульное строительство, технико-экономические показатели быстровозводимых конструкций и их энергоэффективность, перспективы внедрения информационного моделирования в модульном строительстве и пр. По мнению большинства исследователей, широкое применение быстровозводимых зданий и сооружений в России сдерживается отсутствием норм по их расчету и проектированию [11].

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЛМК И ЛСТК

Лёгкие стальные тонкостенные конструкции (ЛСТК) - строительные конструкции из тонкой стали, применяемые для строительства быстровозводимых зданий. На первый взгляд кажется, что значимого отличия между ЛМК и ЛСТК нет. Но при изготовлении этих конструкций используется разный материал, также есть отличие в толщине деталей, вследствие чего каждая из технологий находит свое применение (табл.1).

Таблица 1. Сравнительная характеристика ЛМК и ЛСТК²
Table 1. Comparative characteristics of light metal structures and lightweight gauge steel structures

Характеристика	Легкие металлические конструкции (ЛМК)	Легкие стальные тонкостенные конструкции (ЛСТК)
Материал	черный металлопроката толщиной 8-40 мм	оцинкованная сталь толщиной 0,7-4 мм
Способ соединения элементов	соединяются сваркой или болтами	с помощью высокопрочных саморезов
Основная сфера применения	производственные помещения, большепролетные здания, высотные строения, крупные торговые центры	сельскохозяйственные постройки, ангары, малоэтажное строительство, торговые помещения, склады
Срок службы	более 50 лет	35-40 лет
Преимущества	– легкость материала; – скорость монтажа; – доступность; – мобильность готового изделия.	– высочайшая прочность; – сейсмическая устойчивость; – качество сырья; – неограниченная высота здания.

¹ Надежная легкость. Технологии ЛСТК в малоэтажном домостроении [Электронный ресурс]. – URL: <https://ardexpert.ru/article/9868> (дата обращения: 23.08.2022)

² В чем отличие между ЛСТК и ЛМК конструкциями? [Электронный ресурс]. – URL: <https://lmk-stroy.ru/otlichie-lstk-i-lmk-konstruktsii> (дата обращения: 05.08.2022)

ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ИЗ ЛСТК

На сегодняшний день используются три вида технологий монтажа из ЛСТК:

1. *Поэлементный монтаж*, когда элементы каркаса доставляются на строительную площадку и собираются как конструктор «с нуля» (рис.1).

2. *Производство целой панели в заводских условиях*. Панель включает в себя окна, инженерные коммуникации, внутреннюю и внешнюю отделку (при необходимости). В таком виде доставляется на строительную площадку.

3. *Объемно-блочная технология*, при которой готовые модули с чистовой отделкой и разведенными коммуникациями полностью собираются в производственных цехах. Потом их привозят на стройплощадку и соединяют друг с другом. Такая технология довольно удобная в использовании, так как основной процесс выполняется вне строительной площадки, что существенно экономит время строительства.



Рис. 1 Здание из ЛСТК³
Fig. 1. Building from , LGSS



Рис. 2. Процесс строительства здания из ЛСТК⁴
Fig. 2. The process of building a building from , LGSS

В технологии ЛСТК используются следующие виды соединений:

– *Клеевые*. Основные преимущества – защита от коррозии в местах соединения, малый вес элементов, равномерное распределение напряжений. Недостаток – высокие требования к клеевому составу.

– *Сварные*. Особенность - малая трудоемкость и хорошая герметичность. Недостаток - дефекты швов.

– *Винтовые*. Преимущество – простой и быстрый способ монтажа. Недостаток - повреждение конструкций при демонтаже.

– *Болтовые*. Отличаются от других видов высокой прочностью и надежностью, но за этим стоит большая трудоемкость и высокая стоимость.

– *Заклепочные*. Преимущество - высокая прочность. Недостаток – требуется детальная разработка нормативной базы в России.

С помощью технологии ЛСТК производится практически треть каркасных домов в зарубежных странах. Технология пользуется спросом из-за высокой скорости монтажа, что является трендом современного строительства. Однако многие ученые, строители и архитекторы скептически настроены к использованию металлических каркасов, объясняя это тем, что такие конструкции не способны противостоять очень низким температурам, что может повлечь за собой различные деформации.

В России к такой технологии долгое время относились настороженно из-за убеждения, что такая конструкция не способна выдержать низкие температуры и атмосферные осадки. Поэтому в последнее время применяли такую технологию только для строительства малоэтажных зданий.

Однако в 2014 г. компания Андромета приняла решение построить шестиэтажный ЛСТК дом в Калуге (рис.2). Компания создала фирменную технологию строительства ЛСТК и назвала ее СТИЛТАУН®.

Элементы каркаса здания транспортируются на строительную площадку, затем начинается процесс монтажа с помощью резьбовых креплений, без сварки и других трудоемких технологий. Обшивка каркаса выполняется на обычные шурупы. В качестве обшивки можно использовать любой плитный материал с подходящей огнестойкостью.

³ Утепление дома из ЛСТК [Электронный ресурс]. – URL: <https://ekovata-msk.ru/uslugi/uteplenie-doma-iz-lstk/> (дата обращения: 05.09.2022)

⁴ Конструктивные особенности зданий серии СТИЛТАУН® [Электронный ресурс]. – URL: <https://andrometa.ru/blog/zhilye-zdaniya/konstruktivnyye-osobennosti-zdaniy-serii-stiltaun/> (дата обращения: 10.09.2022)

Между внутренней и внешней частью плиты укладывается теплоизоляция. В малоэтажных зданиях обычно в качестве утеплителя используют плиты из огнестойкой минеральной ваты. В зависимости от высоты здания может применяться ячеистый пенобетон, который изолирует внутреннюю часть и укрепляет несущую конструкцию.

Отделочные работы здания по технологии СТИЛТАУН® отличаются своей низкой стоимостью, т.к. облицовка осуществляется на почти идеально ровных участках. По этой технологии можно пропустить этапы устройства стяжки и выполнения черновой отделки, и сразу начать чистовую облицовку. Благодаря такой особенности отделка здания выйдет на треть дешевле, чем при таких же работах в традиционном строительстве зданий. В табл.2 представлен сравнительный анализ традиционных технологий строительства и технологии ЛСТК СТИЛТАУН®.

Таблица 2. Сравнительный анализ⁵ традиционных технологий строительства и технологии ЛСТК СТИЛТАУН®
 Table 2. Comparative analysis of traditional construction technologies and , LGSS technology STEELTOWN

Средний показатель	СТИЛТАУН	Кирпич	Монолит-бетон	Панельный дом
Срок строительства 6-этажного здания, мес.	4-6	10-12	8-10	6-8
Соотношение стоимости «коробки»	1	2	1,5	1,2
Соотношение стоимости отделочных работ	1	1,5	1,5	1,5
Соотношение приведенных трудозатрат	1	2	1,5	1,2
Соотношение энергозатрат на отопление	1	1,5	1,5	2,5
Масса строительных отходов при норме 200÷300 кг/кв.м	8,5	300	240	155

ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ИЗ ЛМК

Быстровозводимые здания ЛМК – жилые и промышленные сооружения, каркас которых выполнен из профилей тонколистовой стали, которая является широко доступным строительным материалом и специализированных заводах. В табл.3 представлен сравнительный анализ по физическим параметрам, экономическим и трудовым технологии ЛМК, модульной конструкции и SIP-панелей.

Таблица 3. Сравнительный анализ технологии ЛМК, модульной конструкции и SIP-панелей
 Table 3. Comparative Analysis of Light Metal Structure Technology, Modular Design and SIP Panels

Параметр	Технология строительства быстровозводимых зданий		
	ЛМК	Модульная конструкция	SIP панели
Регион строительства	Любой регион	Любой регион	Любой регион
Наличие дополнительных работ перед внутренней чистовой отделкой	Обшивка ГКЛ	Не требуется	Оштукатуривание и грунтование стен
Возможность изменения геометрических характеристик, свойств несущих конструкций	отсутствует	отсутствует	отсутствует
Огнестойкость	0,5 - 2,5 ч	IV	K3
Наличие горючих материалов	отсутствует	отсутствует	Пенополистирол относится к нормальному горючему
Вес конструкции	40-50 кг при толщине 150-200 мм	Масса пустого модуля – 4000кг	45-95 кг/м ²
Сезонность	внесезонно	внесезонно	внесезонно
Продолжительность сборки	4-5 месяцев	30-40 минут для модуля	2-3 месяца
Срок службы	около 20	20	50-80
Скорость монтажа 100 м ²	2-3 мес.	30 минут один модуль	1-1,5
Потребность в кране	В зависимости от этажности	Автомобильный кран	В зависимости от этажности
Необходимость сварки	Монтаж стыков ЛСТК крепежными элементами	Соединение модулей крепежными элементами	Соединение модулей крепежными элементами
Стоимость монтажа за м ²	От 8000	От 1500	1000-2000

⁵ Технология ЛСТК СТИЛТАУН® [Электронный ресурс]. – URL: <https://andrometa.ru/steeltown-technology> (дата обращения: 12.09.2022)

Сравнение технологий показало, что каждая технология имеет свои ключевые особенности. Так, например, технология SIP-панелей лидирует по сроку службы и стоимости монтажа. Монтаж блок-модуля занимает меньше времени, чем у трансформационных модулей. В блок-модулях заводской готовности уже предусмотрена чистовая отделка и инженерные коммуникации. Производство одного модуля, без учета отделочных работ, 2-3 дня. Монтаж модуля на заранее подготовленную поверхность – 30-40 минут.

Возможность строительства модульных конструкций и нормальной эксплуатации предусмотрены в любом регионе России. Однако часто транспортные расходы и доставка в труднодоступные районы обременительны для застройщика, поэтому приоритет отдается традиционному, иногда более длительному, строительству.

ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОДУЛЕЙ-ТРАНСФОРМЕРОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ БЫСТРОВОЗВОДИМЫХ ЗДАНИЙ

Основа модульной конструкции - металлический каркас, который с внутренней стороны обшивается конструкционной доской, а сверху материалом по желанию заказчика. Между ними прокладывается специальный теплоизоляционный материал, так как данные дома предназначены для постоянного проживания даже в суровом холодном климате и при этом не затрачивают много энергии на внутреннее отопление. В качестве теплоизоляции, как правило, используется минеральная вата, а в качестве кровли при строительстве модульных домов применяются листы оцинкованного металла или специальная черепица [12].

Блок-модули удобно использовать для любого вида строительства. На сегодняшний день строительство быстровозводимых зданий особенно актуально в местах разрушений зданий от стихийных бедствий, а также в условиях военных действий. Модули легко транспортируются с помощью автомобильного и железнодорожного транспорта, прицепом, полуприцепом. На одной железнодорожной платформе можно транспортировать до 4 модулей в собранном виде. Готовые модули доставляются на строительную площадку даже с отделкой и инженерными коммуникациями. Единственное, что необходимо сделать – закрепить их между собой. На рис.3 представлен пример модульной конструкции - модель ВДПО-V4 (вагон-дом переменного объема).



Рис. 3. Пример модульной конструкции; модель ВДПО-V4⁶

Fig. 3. Example of a modular design VDPO-V4

Технология позволяет собрать одно здание силами 3-5 человек в течение 30-40 минут. Такая конструкция идеально подойдет для ускоренного строительства.

Так как данная технология относится к складывающейся системе стоит отметить такие особенности, как малый транспортный объем, заводская готовность, увеличение объема при трансформации, простота монтажа.

Среди этих достоинств ярко выражены и недостатки в виде отсутствия роста в вертикальной плоскости, это значит, что возведение возможно только в малоэтажном формате. Низкие эстетические качества, простота планировочных решений.

Процесс монтажа одноэтажного блок-модульного здания со встроенной крышей представлена на рис.4.

⁶ Блок-трансформеры [Электронный ресурс]. – URL: <https://tsk38.ru/modulnye-zdaniya/blok-transformery/> (дата обращения: 15.09.2022)

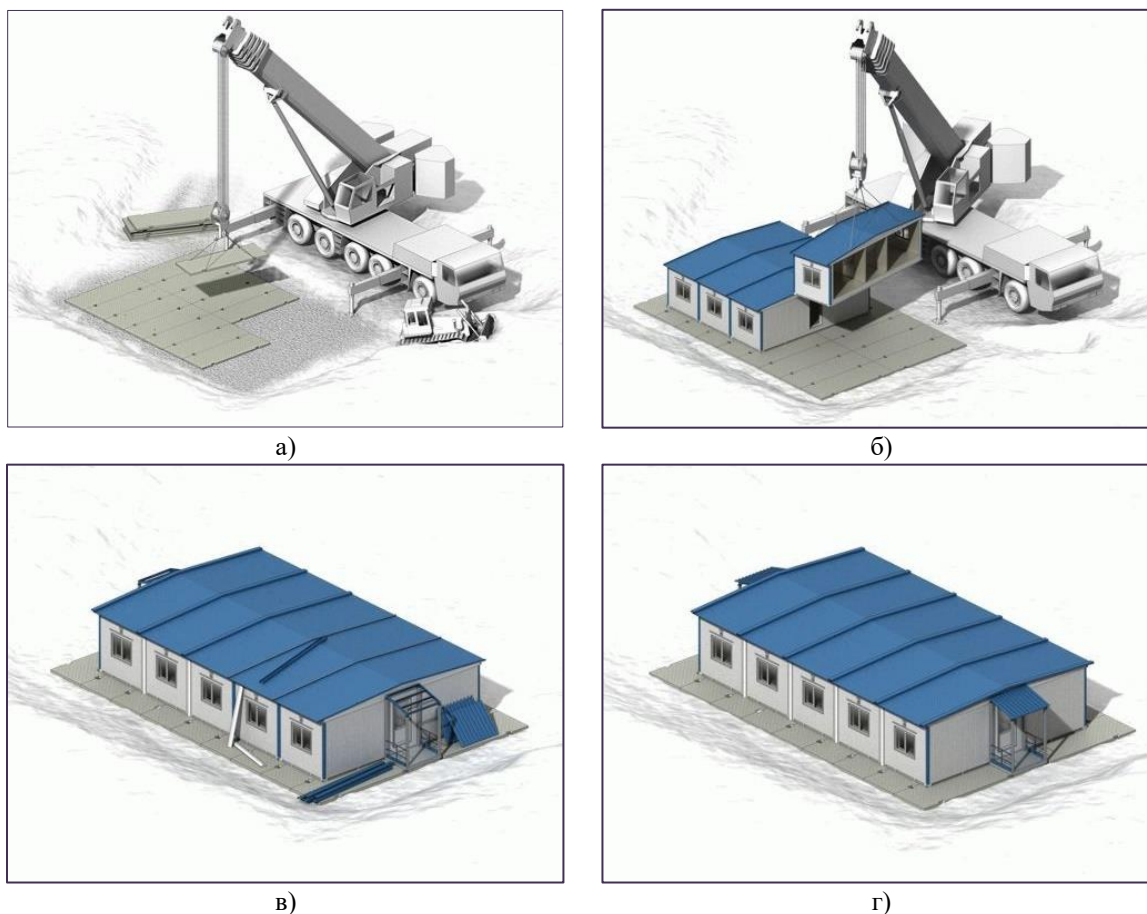


Рис. 4. Процесс монтажа одноэтажного блок-модульного здания со встроенной крышей⁷
Fig. 4. The installation process of a one-story block-modular building with a built-in roof

Процесс монтажа многоэтажного модульного здания представлен на рис.5.



Рис. 5. Процесс монтажа многоэтажного модульного здания⁸
Fig. 5. Installation process of a multi-storey modular building

⁷ Блочно-модульные здания [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.vagondoma.com/prefab/bystrovozvodimye-zdaniya-na-baze-blok-modulej.html> (дата обращения: 20.09.2022)

⁸ Изготовление бытовок вагончиков в Красноярске [Электронный ресурс]. – URL: <https://msib24.ru/> (дата обращения: 21.09.2022)

Альтернативный вариант монтажа модульных конструкций с помощью козлового крана представлен в работе [13] и показан на рис.6.

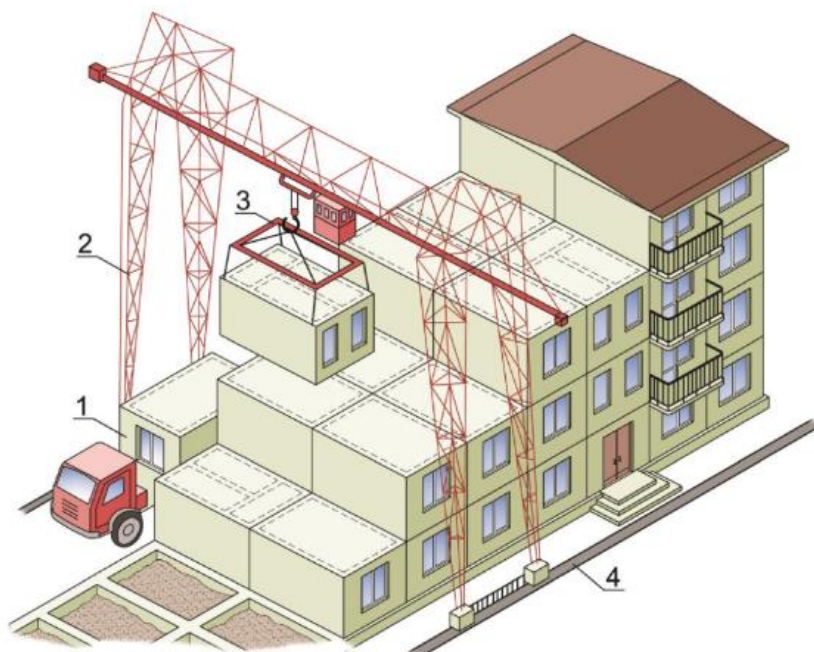


Рис. 6. Монтаж модульного здания с помощью козлового крана: 1 – блок на транспорте; 2 – козловой кран; 3 – траверса; 4 – подкрановый путь
Fig. 6. Installation of a modular building using a gantry crane: 1 - block on transport; 2 - gantry crane; 3 - traverse; 4 - crane runway

Выбор строительных машин и оборудования для монтажа модульных зданий зависит от высотности здания, характеристик (типов) модулей и других параметров. Для обоснования характеристик парка строительных машин рекомендуется использовать средства стохастического программирования и оптимизационного моделирования [14-17].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Развитие технологии быстровозводимых зданий очень важно на сегодняшний день. Для районов, которые пострадали от стихийных бедствий, катастроф или военных действий, быстровозводимые модульные здания являются наилучшим выходом из тяжелого положения. Модульные конструкции не уступают другим технологиям ни по качеству, ни по стоимости.

Основными преимуществами технологии модульного строительства являются высокая скорость монтажа, низкая стоимость строительства и экологичность использования. Строительство зданий из легких металлических конструкций играет важную роль, ведь они могут выполнять не только ограждающую функцию, но и несущую. Применение такой технологии позволит сократить сроки строительства и получить максимальный эффект от реализации проекта. При большей этажности ЛМК может применяться в качестве ограждающих конструкций. Однако технология является еще недостаточно развитой, имеет ряд ограничений и позволяет строить здания ограниченной этажности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мушинский А.Н., Зимин С.С. Строительство быстровозводимых зданий и сооружений // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. № 4 (31). С. 182-193. EDN: UISIEB
2. Николенко С.Д., Щиенко А.Н. Быстровозводимые здания и сооружения // Высокие технологии в строительном комплексе. 2021. № 2. С. 159-168. EDN: XYBYAY
3. Гамаюнова О.С., Радаев А.Е. Энергоаудит и энергоэффективность модульных военных городков // В сборнике: Проблемы обеспечения функционирования и развития наземной инфраструктуры комплексов систем вооружения. Материалы III Всероссийской научно-технической конференции. Санкт-Петербург, 25-26 сентября 2019. СПб: Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского, 2019. С. 63-67. EDN: DENVML
4. Лебедева М.С., Назмеева Т.В. Каркасные гражданские здания с ЛСТК ограждающими конструкциями // Инженерная наука. 2021. № 43-1 (219). С. 8-11. EDN: SDCTMX

5. Абдусаттархужа С.С., Назмеева Т.В. Преимущества технологии ЛСТК для сокращения расходов при возведении наземной инфраструктуры // В сборнике: Проблемы обеспечения функционирования и развития наземной инфраструктуры комплексов систем вооружения. Материалы III Всероссийской научно-технической конференции. Санкт-Петербург, 25-26 сентября 2019. СПб: Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского, 2019. С. 122-125. EDN: RKRGOP
6. Бондарь В.Т., Назмеева Т.В., Рыбаков В.А. Напряженно-деформированное состояние стойки из спаренных вложенных друг в друга профилей // В сборнике: Неделя науки ИСИ. Сборник материалов Всероссийской конференции. Санкт-Петербург, 04-10 апреля 2022. СПб: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2022. С. 289-292. EDN: FTZQAU
7. Rybakov V.A., Ananeva I.A., Pichugin E.D. Heat protective properties of enclosure structure from thin-wall profiles with foamed concrete // Magazine of Civil Engineering. 2020. № 2 (94). С. 11-20. DOI: 10.18720/MCE.94.2 EDN: ALOOKP
8. Орлова А.В., Жмарин Е.Н., Парамонов К.О. Энергетическая эффективность домов из ЛСТК // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2013. № 6 (11). С. 1-13. EDN: RADHST
9. Сычев С.А. Технология проектирования интерактивного проекта производства работ при возведении энергоэффективных зданий из модульных систем // В сборнике: BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 29-30 марта 2018. СПб: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. 2018. С. 123-128. EDN: YUWZCU
10. Le T.Q.T., Vavilova A. A method of accounting for higher vibration modes in structural dynamics problems // Lecture Notes in Civil Engineering. 2020. T. 70. С. 479-490. DOI: 10.1007/978-3-030-42351-3_42 EDN: IEKVBR
11. Зуева А.В. Быстровозводимые здания и модульное строительство // Молодой ученый. 2016. № 3(107). С. 100-103. EDN VKZLEX
12. Клевцова К.С. Инновационное модульное строительство // Молодой ученый. 2017. №3 (137). С. 103-105. EDN: XQZDIT
13. Сычев С.А. Технология высокоскоростного строительства малоэтажных зданий // В сборнике: Актуальные вопросы технических наук. Сборник материалов международной научной конференции. Киров, 2014. С. 71-76.
14. Павлова Н.Ю., Радаев А.Е. Обоснование характеристик парка строительных машин с использованием средств стохастического программирования // В сборнике: Неделя науки ИСИ. Сборник материалов Всероссийской конференции. 2022. С. 440-443. EDN: OVXXUZ
15. Спицкая А.Ш., Радаев А.Е. Обоснование характеристик комплектов строительных машин с применением элементов теории систем массового обслуживания // В сборнике: Неделя науки ИСИ. Материалы всероссийской конференции в 3-х частях. Инженерно-строительный институт Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого. Санкт-Петербург, 2021. С. 198-200. EDN: EKEUTK
16. Ноздрачёва Ю.А., Пилипчук С.Ф., Радаев А.Е. Оптимизационная модель обоснования характеристик технологической группы подъемно-транспортного оборудования // Современное машиностроение. Наука и образование. 2014. № 4. С. 732-742. EDN: SMNKZB
17. Левенцов В.А., Радаев А.Е., Николаевский Н.Н. Аспекты концепции «Индустрия 4.0» в части проектирования производственных процессов // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2017. Т. 10. № 1. С. 19-31. DOI: 10.18721/JE.10102 EDN: YGDCJP

ОБ АВТОРАХ

Сергей Викторович Шевцов – студент. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ). 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д.29. E-mail: s3671187@yandex.ru

Наталья Серафимовна Астафьева - к.э.н., доцент Высшей школы промышленно-гражданского и дорожного строительства. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ). 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д.29. E-mail: astafieva_ns@spbstu.ru

ABOUT THE AUTHORS

Sergey V. Shevtsov – student. Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (SPbPU). 195251, Russia, St.Petersburg, Polytechnicheskaya st., 29. E-mail: s3671187@yandex.ru

Natalia S. Astafeva – Ph.D., Associate Professor of the Higher School of Industrial, Civil and Road Construction. Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (SPbPU). 195251, Russia, St.Petersburg, Polytechnicheskaya st., 29. E-mail: astafieva_ns@spbstu.ru