

ПЕРСПЕКТИВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ШКОЛЬНЫХ ЗДАНИЙ В ТРУДНОДОСТУПНЫХ РАЙОНАХ РОССИИ

Осипова Софья Владимировна,

студент,
Научный руководитель: Е.А. Коновалова,
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет,
Россия, Москва,
e-mail: megojump@gmail.com

Коновалова Елена Андреевна,

преподаватель,
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет,
Россия, Москва,
e-mail: Нпу_saga@mail.ru

УДК: 727.113

Шифр научной специальности: 2.1.12

DOI: 10.47055/19904126_2025_1(89)_4

Аннотация

В статье проанализирована потребность в капитальном ремонте и строительстве новых школ в России, особенно в северных и труднодоступных регионах. Определены объемно-планировочные и конструктивные принципы современного проектирования образовательных учреждений. Цель статьи – обоснованное доказательство эффективности выбора металлокаркаса и элементов из ЛСТК в качестве преимущественного при проектировании и строительстве школ. Рассмотрен мировой и отечественный опыт возведения школ каркасным способом из металлических элементов. Приведены примеры российских производителей – поставщиков строительных материалов из металла.

Ключевые слова:

школьные здания, образовательные учреждения, каркасное строительство, металло-каркасные конструкции

CHALLENGES TO USING METAL STRUCTURES IN THE DESIGN OF SCHOOL BUILDINGS IN HARD-TO-REACH AREAS OF RUSSIA

Osipova Sofia V.,

Student,
Research supervisor: E.A. Konovalova,
Moscow State University of Civil Engineering,
Russia, Moscow,
e-mail: megojump@gmail.com

Konovalova Elena A.,Instructor,
Moscow State University of Civil Engineering,
Russia, Moscow,
e-mail: Hpy_saga@mail.ru

УДК: 727.113

Шифр научной специальности: 2.1.12

DOI: 10.47055/19904126_2025_1(89)_4

Abstract

The article analyzes the need for major repairs and construction of new schools in Russia, especially in northern and hard-to-reach regions. Space planning and engineering design principles for school design are defined. The purpose of the article is to provide arguments supporting the choice of metal frames and light thin-walled steel structures as a priority in the design and construction of schools. International and domestic experiences in school construction using steel frames are considered. Examples from Russian suppliers of structural steel are provided.

Keywords:

school buildings, educational institutions, frame construction, metal-frame structures

Введение

В 2022 г. началась программа по капитальному ремонту школ России¹, по данным которой около 7300 школ по всей стране нуждаются в реконструкции. Лидирующими по необходимости ремонта регионами стали и северные районы России: Сибирь и Дальний Восток (рис. 1). Это территории с суровым климатом и особенностями устройства дорожной сети – условиями, которые напрямую влияют на размещение объекта и процесс строительства.

По данным отчета, к 2024 г. [6] было отремонтировано более 2400 и построено не менее 1300 школ по всей стране, а лидирующими по капитальному ремонту школ, а также по строительству новых, являются центральный и южный округа России (рис. 2).

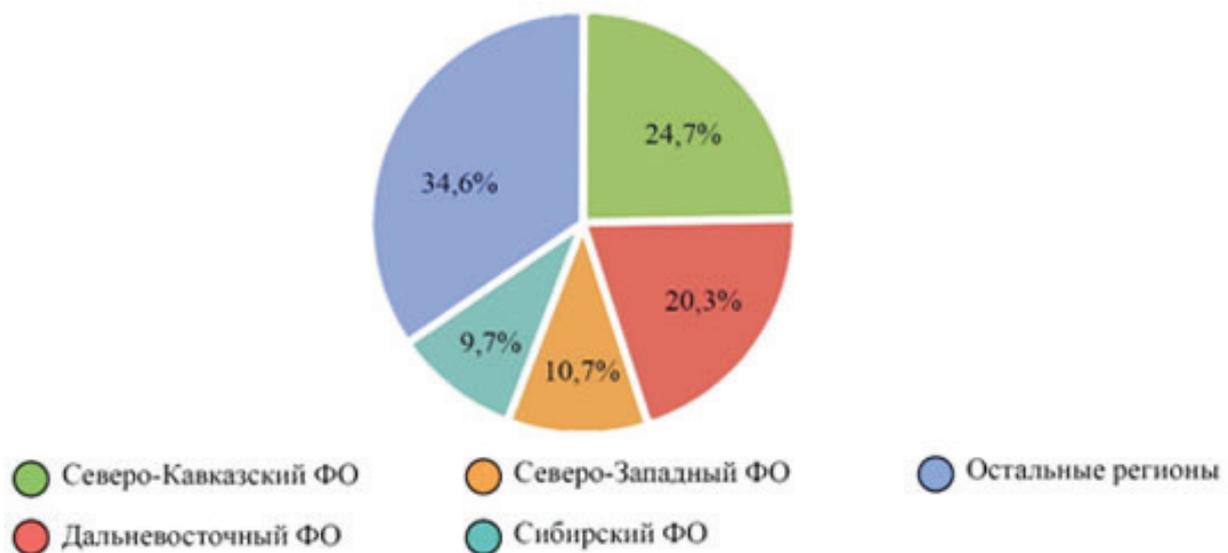


Рис. 1. Доля школ, требующих капитального ремонта по субъектам РФ на 2021 г.



Рис. 2. Итоги выполнения программы по капитальному ремонту и строительству

Однако в реконструкции все еще нуждаются около 4000 образовательных учреждений, причем северная часть России, Сибирь и Дальний Восток испытывают острую необходимость в капитальном ремонте существующих и строительстве новых образовательных учреждений².

Современные школы – стандарты и тенденции

В настоящее время широко распространяются новые тенденции в проектировании школьных зданий. Одна из них – выявление и признание прямой зависимости объемно-планировочной структуры от характера взаимодействия обучающегося и окружающей среды. Очевидной становится и зависимость качества получаемого образования не только от таких общеизвестных факторов, как уровень образовательной программы, квалификация педагогического состава, полнота и актуальность материально-технической базы, использование информационных технологий и т. д., но и от качества образовательной среды [5].

Непосредственно улучшить этот показатель позволяет проектирование учреждений с широким, разнообразным, открытым, безопасным, интересным, многофункциональным, трансформируемым объемно-планировочным решением. Одним из хорошо зарекомендовавших себя способов создания такого пространства стало использование каркасной системы, в основном монолитной железобетонной.

Однако, учитывая обширную территорию России и разнообразие климатических условий, применение монолитного железобетона не всегда будет целесообразным, практичным, а главное, реализуемым. Подходящей актуальной альтернативой может стать использование сборных металлических конструкций.

Строительство зданий различного назначения из металлического каркаса давно ведется в нашей стране, но изначально это было типовое решение для промышленной архитектуры. Появление легких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК) и обоснование выбора кон-

структивных решений в их пользу послужило поводом активного обсуждения возможностей и целесообразности их использования в архитектурной, строительной и научной среде [1–4].

В 2019 г. вышло методическое пособие, изданное Инженерным центром Ассоциации развития стального строительства, посвященное преимуществу выбора металлического каркаса при проектировании школ [6]. В пособии дано обоснование эффективности применения стальных конструкций в зданиях образовательных учреждений, приведены варианты и типовые сечения конструкций перекрытий и колонн, даны обоснования устойчивости и огнестойкости каркаса, разобраны варианты отделки фасадов.

Гипотеза: В суровых климатических условиях и труднодоступных районах при проектировании образовательных учреждений эффективно использование металлических конструкций.

Цель исследования – обосновать эффективность применения металлических конструкций при проектировании школ в суровых условиях и труднодоступных регионах России.

Задачи исследования: 1) выяснить, является ли технология строительства школ из металлических конструкций качественной альтернативой другим технологиям в суровых условиях; 2) определить, доступна ли в суровых условиях технология строительства образовательных учреждений с использованием металлических конструкций; 3) доказать, что использование металлокаркаса не ограничивает архитектурно-пространственные решения школ в сравнении с аналогичными каркасами из железобетона; 4) установить, готовы ли производители к строительству школ из металла.

Исследование проводилось методом сравнения технологий строительства образовательных учреждений, сопоставительного анализа практики строительства и аналогии возведения зданий исследуемого типа.

В России преобладает технология строительства зданий образовательных учреждений из железобетона. Это обусловлено развитием панельного домостроения в советское время и ориентированностью металлургической отрасли на оборонную промышленность, машиностроение, станкостроение³. Кроме того, период массовой типовой застройки СССР и период послевоенного восстановления совпал с созданием сборных железобетонных и преднапряженных конструкций, обширными исследованиями конструкций и их свойств в этой области [7].

Преимущества металлических конструкций перед железобетонными в рассматриваемых регионах. На основе анализа производителей железобетонных строительных конструкций в России выявлено, что основные поставщики этих материалов – Центральный, Приволжский и Северный округа. В связи с этим перед застройщиком проекта появляется логистическая задача: организация доставки и транспортировки как готовых изделий (сборных железобетонных элементов, мелкоштучных и крупноблочных изделий), так и материалов для строительства монолитных конструкций. Этот процесс осложняется суровыми природными условиями, которые напрямую влияют на состояние транспортной сети и функционирование автотранспорта. Более того, даже при условии доставки материалов на стройплощадку, технология возведения монолитных конструкций ограничивается холодным климатом. Из-за чего данная технология теряет одно из своих главных преимуществ – скорость, а достижение высоких показателей по объемно-планировочному решению учебного учреждения становится затруднительным. Все эти факторы значительно увеличивают стоимость объекта и срок его возведения.

В то же время, производство металлических строительных конструкций в нашей стране более обширно: соответствующие предприятия располагаются в Центральном, Приволжском, Южном, Уральском, Северо-западном и Северном округах. Уже сейчас мы имеем успешный опыт строительства образовательных учреждений из металла.

Например, одним из последних и получивших большую известность в своей области объектов, стала школа в поселке Ола Магаданской области⁴, доступ к которому осуществляется только летом по грунтовым дорогам, по морским путям из Владивостока и авиасообщению. Исходя из особенностей расположения объекта и климатических условий были проведены расчеты стоимости и длительности строительства образовательного учреждения из различных материалов. Они показали, что «самое доступное и при этом надежное решение – построить школу из сборных металлоконструкций» [10], которые доставлялись контейнерами из Владивостока.

Мировой опыт строительства школ с использованием ЛСТК в соответствии с современными нормами. Существует целый ряд успешных примеров реализации проектов школ из металлокаркаса. Причем многие из них расположены в отдаленных от центра районах и неблагоприятных климатических условиях. В России первая металлическая школа – уже упомянутая в поселке Ола Магадан на 825 человек⁵.

В Европе строительство общественных зданий из стальных конструкций началось раньше, чем в России, соответственно примеров больше. «В Англии модульное строительство составило 50% объема строительства народных и высших школ, из этого на долю школ из металла приходится 75%; во Франции до 1970 г. было уже 90% модульных сооружений, при этом половина из них в металла» [8].

При проектировании средней школы Берта Парк в Перте (Шотландия) в 2021 г. были выбраны стальные конструкции, так как объект располагался на местности, где отсутствуют качественные подъездные дороги. Стальные конструкции весят значительно меньше, и при доставке на площадку риск повредить их был гораздо ниже (рис. 3).



Рис. 3. Строительство школы Берта Парк в Перте. Источник: <https://steel-development.ru/en/steel-construction/cases-world/249-srednyaya-shkola-berta-park-v-perte-shotlandiya>

Английская школа Мартира в Хартпуле (2020). Здание было запроектировано модульным с применением тонкостенных стальных профилей. Общая длина строения составляет 81 м, ширина 69 м. Выбранная сетка колонн 7,2×7,9 м позволяет оптимально расположить колонны и перегородки между ними. В 2023 г. стало необходимо увеличить учебные площади химических лабораторий университета в Оксфорде (рис. 4).



Рис. 4. Здание химических лабораторий университета в Оксфорде (2023). Источник: <https://steelconstruction.info>

После сравнительного анализа нескольких вариантов строительных материалов для каркаса пристройки выбрали сталь. Размер здания достиг 100 м в длину и 13 м в ширину. Шаг стальных колонн – 7,5×12 м. В составе перекрытия использовали перфорированные стальные балки.

Впервые в России конструктивные решения на стальном каркасе в общественных зданиях были применены при строительстве Дальневосточного федерального университета (остров Русский, РФ). Такой выбор позволил сократить сроки возведения комплекса с 72 до 30 месяцев. Комплекс зданий и сооружений был спроектирован с учетом климатических условий Приморского края и рассчитан на восприятие сейсмических нагрузок до 7 баллов (рис. 5).

Технология возведения школ каркасной стальной системы. При проектировании зданий школ из стальных конструкций применяется несколько способов возведения. Каркас образуется из стальных колонн, как правило, двутаврового сечения, которое может изменяться по мере увеличения числа этажей и снижения нагрузки на верхних этажах с сохранением единого размерного типа для унификации и типизации процесса. Чаще всего принимают сетки колонн: 7,5×7,5, 7,5×9,0, 7,2×7,9, 7,5×12 м. Такие конструктивные решения дают оптимальные габариты учебным помещениям для размещения оборудования, комфортного пребывания учащихся и преподавателей, проведения занятий в различных формах, а также предоставляют возможность организации трансформируемых пространств. К колоннам присоединяются сталежелезобетонные или стальные балки двутаврового сечения для удобства монтажа плиты



Рис. 5. Строительство комплекса зданий ДВФУ (2018). Источник: <https://primamedia.ru>

перекрытия. В зависимости от объемно-планировочного решения используются: сталежелезобетонные плиты и балки, стальные балки в одном уровне с плитой, перфорированные балки, сталежелезобетонные балки и сборные железобетонные плиты, стальные балки и сборные сталежелезобетонные плиты.

Например, в школе Мартина в Хартпуле, Англия [6], использованы сборные железобетонные плиты, уложенные на стальные балки, что позволило значительно ускорить строительство (однако такое решение сделало необходимым устройство монолитной стяжки) (рис. 6). В зальных помещениях (спортивный зал и два многофункциональных зала) большепролетное перекрытие (более 20 м) было запроектировано из стальных балок с покрытием из стального профилированного настила, такое решение оптимально для перекрытия больших помещений. Основанием школы стал свайный фундамент с длиной свай до 17 м.



Рис. 6. Пространственная модель каркаса школы в Хартпуле [6]

Ограждающие конструкции стен могут быть выполнены из мелкоштучных материалов (кирпича, камня, пеноблоков) с опорой на фундамент; в виде сплошного остекления, которое крепится на алюминиевые стойки или кронштейны, навесных фасадов; с отделкой плиткой или штукатуркой по утеплителю. Разнообразие фасадных систем, применяемых при строительстве с использованием металлических конструкций, позволяет формировать различные фасадные решения под нужды заказчика, климатические условия, окружающую застройку и т. д.

Самый яркий пример реализованного проекта образовательного учреждения – институт науки и технологий в Сколково. Комплекс зданий в Сколково построен в 2018 г., при его возведении были использованы биметаллические конструкции объемом 3000 тонн. Комплекс состоит из трех частей-колец (наибольшее имеет диаметр 280 м), которые включают образовательные и общественные помещения. Основу плана образует сетка прямоугольных повторяющихся блоков. Лабораторный блок организован по сетке 7х7 м и имеет ширину 2128 м и различную длину.

Актуальный российский опыт быстровозводимых школ. По статистике в среднем на сборку быстровозводимой школы уходит 2–3 месяца. Этот метод можно рассмотреть на примере проекта школы-сада на 85 мест от компании Андромета⁶. Проект реализован в Архангельской области, 6-й климатический район, расчетная температура наружного воздуха -41°C, 4-й ветровой район, сейсмический район до 6 баллов. В проекте использован комбинированный каркас из трехпролетных рам, состоящий из прокатных колонн и балок постоянного сечения (квадратные трубы, двутавры), перекрытия из ЛСТК, соединения – болтовые. Такое решение, одобренное экспертизой, позволяет сэкономить до 60% бюджета.

Еще один успешный пример реализации учебного заведения – проект компании Венталл (Северсталь) реконструкции школы на 675 мест, масса использованных металлоконструкций – 85 тонн. Проект вошел в каталог «Здания школ и образовательных организаций со стальным каркасом».

Готовы ли производители к строительству школ из металла? Многие крупные представители металлообрабатывающей отрасли предлагают быстро возводимые школы из металла (Андрометаб, Северсталь⁷). Как правило, это типовые решения, удовлетворяющие потребности быстрого строительства. На данный момент в условиях нашей огромной страны, где все бóльшая часть зданий школ настолько устарели, что дети учатся в 2–3 смены, и не могут получить качественное образование из-за условий обучения, это лучшее решение. Но хотелось бы обратить внимание архитектурных компаний на возможность реализации уникальных авторских проектов по быстрым технологиям без ущерба художественной составляющей.

Результаты

Причины, почему металлические конструкции могут стать достойной альтернативой железобетонным.

1. Скорость строительства.
2. Гибкость планировочных решений (пролет до 18 м).
3. Экологичность (сокращение периода строительства, снижение объема транспортировки сыпучих материалов, снижение шума и вибраций, заводское изготовление конструкций).
4. Меньшая нагрузка на грунт.
5. Увеличение скорости строительства за счет уменьшения количества элементов конструкции (увеличение пролетов, снижение числа колонн).

6. Сталежелезобетонные перекрытия с возможностью непрерывной работы на площадке за счет профилированного настила перекрытия.

7. Возможность строительства в отдаленных районах, в суровых условиях, благодаря наличию металлургических предприятий, либо возможности доставки материалов водным транспортом. В то время как от железобетонных заводов недостаточно автодорог, железнодорожного транспорта, условия возведения ограничены сезонно.

Выводы

Сравнительный анализ мирового и российского опыта проектирования образовательных учреждений по технологии возведения из стального каркаса позволяет утверждать, что применение ЛСТК и других металлических сборных элементов является перспективным для применения отечественными проектировщиками. Особенно это актуально в труднодоступных регионах, районах с повышенной сейсмичностью, сложным грунтом и низкими температурами. Такие решения удовлетворяют как климатическим условиям, так и современным стандартам проектирования.

Технология строительства из металлокаркаса – это современная альтернатива возведения зданий из железобетона, соответствующая нормам, улучшающая скорость и качество строительства образовательных учреждений с учетом региональных особенностей, ничуть не уменьшающая стилистическое и архитектурное разнообразие. Результаты исследования могут быть использованы студентами и действующими архитекторами при выборе конструктивных решений для своих проектов.

Примечания

¹ Проект приказа. URL: <https://regulation.gov.ru/Regulation/Npa/PublicView?npaID=123994>

² Отчет Тысячи отремонтированных и построенных школ: «Единая Россия» и Минпросвещения представили итоги президентских программ. URL: <https://er.ru/activity/news/tysyachi-otremontirovannyh-i-postroennyh-shkol-edinaya-rossiya-i-minprosvesheniya-predstavili-itogi-prezidentskih-programm?ysclid=m14qssjm5y531324005>

³ Развитие железобетона 1.4. Краткие исторические сведения о возникновении и развитии железобетона. (studfile.net). URL: <https://studfile.net/preview/2855041/page:3/>

⁴ Школа Ола в Магаданской области. URL: <https://ardexpert.ru/project/21872>

⁵ Преимущества выбора конструкций в школе Ола «Железный аргумент» в пользу скорости и безопасности (prorus.ru). URL: <https://prorus.ru/interviews/zheleznyj-argument-v-polzu-skorosti-i-bezopasnosti/?ysclid=m14qhrzf3j539456937>

⁶ Проект школы-сада на 85 мест от компании Андромета <https://andrometa.ru/zhilye-i-obshhestvennye-zdaniya/detskie-sady-i-shkoly?ysclid=m14qpxovu4293335912>

⁷ Северсталь Быстровозводимые здания из металлоконструкций — «Северсталь Стальные Решения». URL: <https://steelsolutions.severstal.com/bistrovozvodimie-zdaniya-i-sooryzheniya/>

Библиография

1. Петров, П.А. Строительство с использованием легких металлических каркасов / П.А. Петров // *Фундаментальные основы развития науки и образования в современном мире*: сб. науч. тр. – Миасс: «АНИГО», 2023. – С. 21–26. – EDN UZHGXH.
2. Косьяненко, А.С. Применение легких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК) в строительстве / А.С. Косьяненко, О.О. Пашкова, Н.Н. Карпушина // *Новые технологии в учебном процессе и производстве* : сб. тез. 22-й междунар. науч.-тех. конф., посвящённой

90-летию со дня рождения Ю.А. Гагарина, Рязань, 17–19 апреля 2024 г. – Рязань: Московский политех. ун-т, 2024. – С. 144–146. – EDN ZPSKYT.

3. Корнилов, Т.А. Внедрение технологий строительства ЛСТК на территории Республики Саха (Якутия) / Т.А. Корнилов, В.Г. Аржаков, Г.Н. Герасимов // Современные проблемы строительства и жизнеобеспечения: безопасность, качество, энерго- и ресурсосбережение: Сб. мат-лов III Всерос. науч.-практ. конф., Якутск, 03–04 марта 2014 г. / Северо-Восточный федерал. ун-т им. М.К. Аммосова. – Якутск: Международный центр научно-исследовательских проектов, 2014. – С. 124–133. – EDN SSFJEF.
4. Храпова, Т.Е. Каркасные дома: технология строительства дома из ЛСТК / Т.Е. Храпова, М.А. Рябов, В.В. Фетисов // Новые технологии в учебном процессе и производстве: Мат-лы XVI межвуз. науч.-тех. конф., Рязань, 17–19 апреля 2018 г. / Под ред. А.А. Платонова, А.А. Бакулиной. – Рязань: ИП Жуков Виталий Юрьевич, 2018. – С. 170–175. – EDN XYGYNV.
5. Архитектурное бюро ATRIUM. Архитектура развития. Методология проектирования современных школ. – М.: Проект Россия, 2023. – С 4–21.
6. Здания школ и образовательных организаций со стальным каркасом: метод. пособие. Инженерный центр Ассоциации развития стального строительства. – М.: Аксиом графикас юнион, 2019. – 60 с.
7. Михайлов, К.В. К 150-летию изобретения железобетона (этапы истории с 1930 по 2000 гг.) / К.В. Михайлов, Г.К. Хайдуков // Бетон и железобетон. – 1995ю – № 5. – URL: http://betony.ru/beton-i-zhb/1995_5/k-izobreteniyu-betona.php?ysclid=m14qz4fyqy29518482
8. Сталь в жилищном и школьном строительстве. – URL: <https://www.arhplan.ru/materials/steel/steel-housing-and-school-building>

References

1. Petrov, P.A. (2023) Construction using lightweight metal frames. In: The fundamental foundations of the development of science and education in the modern world: collection of scientific proceedings. Miass: Anigo, pp 21–26. (in Russian)
2. Kosianenko, A.S., Pashkova, O.O., Karpushina, N.N (2024) The use of light steel thin-walled structures in construction. In: New technologies in the educational process and production: collection of abstracts of the 22nd International Scientific and Technical Conference dedicated to the 90th anniversary of Yuri Gagarin. Ryazan, pp 144–146. (in Russian)
3. Kornilov, T.A., Arzhakov, V.G., Gerasimov, G.N. (2014) Introduction of LSTC construction technologies in the Republic of Sakha (Yakutia). In: Modern problems of construction and life support: safety, quality, energy and resource conservation: Proceedings of the III All-Russian Scientific and Practical Conference. Yakutsk: North-Eastern Federal University, International Center for Research Projects, pp. 124–133. (in Russian)
4. Khrapova, T.E., Ryabov, M.A., Fetisov, V.V. (2018) Frame houses: technology of building houses from light steel thin-walled structures. In: Platonov, A.A., Bakulina, A.A. (eds.) New technologies in the educational process and production: Proceedings of the XVI Interuniversity Scientific and Technical Conference. Riazan, 170–175 p. (in Russian)
5. Architectural bureau ATRIUM. (2023) Development architecture. Methodology of designing modern schools. Moscow: Ob`edinennye proekty (proprus.ru). (in Russian)
6. Engineering Center of the Steel Construction Development Association. (2019) Buildings of schools and educational organizations with a steel frame. (pdf) Moscow: Axiom Graphix Union. (in Russian)
7. Mikhailov, K.V., Khaidukov, G.K. (1995). To the 150th anniversary of the invention of reinforced concrete (stages of history from 1930 to 2000). Concrete and Reinforced Concrete

[Online], No. 5. Available from: http://betony.ru/beton-i-zhb/1995_5/k-izobreteniyu-betona.php?ysclid=m14qz4fyqy29518482 (in Russian)

8. Arhplan.ru, (2015). Steel in housing and school construction. [online] Available from: <https://www.arhplan.ru/materials/steel/steel-housing-and-school-building> (in Russian)

Ссылка для цитирования статьи

Осипова, С.В. Перспектива использования металлических конструкций в проектировании школьных зданий в трудно-доступных районах России / С.В. Осипова, Е.А. Коновалов //Архитектон: известия вузов. – 2025. – №1(89). – URL: http://archvuz.ru/2025_1/4/ – DOI: [https://doi.org/10.47055/19904126_2025_1\(89\)_4](https://doi.org/10.47055/19904126_2025_1(89)_4)

© Осипова С.В., Коновалов Е.А., 2025



Лицензия Creative Commons

Это произведение доступно по лицензии Creative Commons «Attribution-ShareAlike» («Атрибуция - на тех же условиях»).
4.0 Всемирная

Дата поступления: 02.02.2025