

Интернет-журнал «Транспортные сооружения» <https://t-s.today>
Russian journal of transport engineering

2018, №3, Том 5 / 2018, No 3, Vol 5 <https://t-s.today/issue-3-2018.html>

URL статьи: <https://t-s.today/PDF/02SATS318.pdf>

DOI: 10.15862/02SATS318 (<http://dx.doi.org/10.15862/02SATS318>)

Статья поступила в редакцию 20.07.2018; опубликована 07.09.2018

Ссылка для цитирования этой статьи:

Перцева А.Е., Хижняк Н.С., Астафьева Н.С. Опыт применения большепролетных клееных деревянных конструкций // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», 2018 №3, <https://t-s.today/PDF/02SATS318.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/02SATS318

For citation:

Pertceva A.E., Khizhnyak N.S., Astafieva N.S. (2018). Experience with the use of large-span LVL constructions. *Russian journal of transport engineering*, [online] 3(5). Available at: <https://t-s.today/PDF/02SATS318.pdf> (in Russian). DOI: 10.15862/02SATS318

УДК 69

ГРНТИ 67.09.41

Перцева Анастасия Евгеньевна

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», Санкт-Петербург, Россия
Студент

E-mail: Pertceva7@gmail.com

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=915212

Хижняк Никита Сергеевич

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», Санкт-Петербург, Россия
Студент

E-mail: nikhizh@gmail.com

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=914767

Астафьева Наталья Серафимовна

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», Санкт-Петербург, Россия
Кандидат экономических наук, доцент

E-mail: gbeton@mail.ru

Опыт применения большепролетных клееных деревянных конструкций

Аннотация. На сегодняшний день клееные деревянные конструкции нашли свое применения практически во всех элементах зданий и сооружений. Такие конструкции возможно встретить в перекрытиях, в покрытиях, балках, фермах, перегородках, стенах и даже в ограждающих конструкциях. Древесина представляет особый интерес в современном строительстве, во времена уделения особого внимания энергетической эффективности, как возобновляемый материал на 100 %. Многие европейские страны озадачены широким внедрением возобновляемых материалов в процесс строительства, Российская Федерация также стремится к усовершенствованию энергетической эффективности конструкций и материалов, при этом не пренебрегая несущей способностью и долговечностью сооружений.

В данной работе особое внимание уделено клееным деревянным конструкциям, которые набирают обороты в строительстве многих сооружений, в том числе в большепролетных

спортивно-зрелищных объектах, таких как крытые стадионы, спортивные комплексы, бассейны, крытые концертные залы и площадки, а также в торгово-развлекательных комплексах.

Рассмотрены преимущества и недостатки применения такого материала в строительстве сооружений с большими пролетами вместо металлических конструкций. Рассмотрены конкретные примеры использования клееной древесины в большепролетных конструкциях, таких как спортивные комплексы различного назначения, сооружения массового пребывания людей, концертные залы, складские сооружения и другие.

Приведены сравнительные характеристики клееного бруса и обычного бруса, а также сравнительная таблица свойств клееного бруса и металлоконструкций. Эти сравнительные таблицы структурировали основные свойства данных материалов, что позволяет лучше понять их свойства, преимущества и недостатки относительно друг друга.

Ключевые слова: клееный брус; большепролетные конструкции; древесина; возобновляемые ресурсы; дерево; строительные материалы; деревянный каркас; деревянные конструкции

Обзор литературы

Применение деревянных конструкций получило второе дыхание в XXI веке. Если ранее этот материал использовался в основном в коттеджном строительстве, то сегодня он получил гораздо более широкое распространение уже в виде клееных большепролетных деревянных конструкций. Поражают своим многообразием формы и изгибы элементов конструкции из клееной древесины, благодаря которым стало возможным реализовать совершенно новые творческие идеи архитекторов и дизайнеров [9, 10, 16].

Во многих трудах отмечены такие преимущества использования конструкций из дерева, как эстетичность, уют, а главное экологичность материала. Дерево – полностью возобновляемый материал [11].

Как и у любого материала, у клееной древесины есть не только преимущества, но и недостатки. К ним относится, например, возможность возгорания, поражения грибками, загнивания. Существуют ряд способов избегания этих процессов. Они описаны в источниках [8, 12, 13, 14].

Введение

На сегодняшний день продолжает существовать тенденция спада строительства. Об этом говорит отсутствие повышения цен на строительные материалы, уменьшение затоваривания складов стройматериалов, снижение объемов строительства жилой и нежилой недвижимости. По данным Росстата данный показатель снизился на 6 % в 2016 году и в 2017 году на 4,3 % [1]. Главная причина такого застоя заключается в неблагоприятной экономической ситуации в стране на данный момент. Но не прекращается разработка и применение более современных технологий и материалов, что позволит сэкономить как время возведения сооружения, так и затраты на его строительство.

Древесина – материал, который стал одним из первых строительных материалов на Земле. И на протяжении всей истории строительства является ключевым материалом. Дерево – это один из немногих строительных материалов, который является на 100 % возобновляемым ресурсом. Именно поэтому конструкции, в которых применяется древесина, совершенствуются с каждым годом [4].

Клееная древесина или брус (LVL – Laminated Veneer Lumber – клееный брус из шпона) – это материал, который изготавливается путем склеивания шпонов хвойных пород древесины. Как правило, используется сосна, ель или лиственница. Расположение волокон может быть параллельным или перекрестным. По прочности такой брус значительно превосходит пиломатериалы, отлично заменяя их даже в несущих конструкциях. В строительстве используют два вида клееных деревянных конструкций: несущие и ограждающие [3].

Несущие клееные деревянные конструкции делят на подкатегории: плоские и пространственные конструкции. К плоским конструкциям можно отнести балки, рамы из дерева, арки, фермы. К пространственным конструкциям относятся распорные своды, сводчатые системы, купола, ребристые склады и купола.

Методы

Преимущества клееных большепролетных конструкций:

1. Относительно металлических конструкций клееный брус имеет меньший удельный вес при его большей несущей способности.
2. Конструкции из дерева не подвержены коррозии, в отличие от металла. Это позволяет их широко применять в сооружениях с высокой влажностью, например, водные спортивные комплексы. Или в сооружениях, где присутствуют источники негативных сред. Такими сооружениями могут быть хранилища химикатов или удобрений. Дерево устойчиво к химическим реагентам и солям.
3. Данный материал является очень экологичным. И важно, что дерево – это ресурс, восстанавливаемый на 100 %.
4. Конструкции обладают высокой сейсмоустойчивостью.
5. Имеют яркую архитектурную выразительность и красивый. Не менее важная характеристика – внешний облик. Природная структура дерева делает его уникальным эстетически выразительным материалом для производства большепролетных конструкций.
6. Высокая скорость изготовления конструкции и их монтажа на месте.

Ниже, в табл. 1, сравним некоторые характеристики металлических конструкций из клееного бруса.

Таблица 1

Сравнение LVL бруса и металлоконструкций

Сравниваемая характеристика	Металлоконструкция	LVL брус
реакция на температурные перепады	под действием изменения температуры материал подвержен сжатию-расширению, что приводит к усталости конструкции и соответственно потере несущей способности	так как данный вид деревянной конструкции подвергается усушке перед эксплуатацией, то внутренние напряжения фактически не возникают из-за отсутствия влаги внутри. Несущую способность под воздействием температурных колебаний не меняет
внешний вид конструкции	как правило требует дополнительной декоративной обработки	не требует декоративной обработки. Текстура теплая и не изменяется со временем
удельный вес	7850 кг/м ³	550 кг/м ³
коррозионная стойкость	не рекомендуется использовать в помещениях с агрессивными средами. Каждые 4-5 лет требует кардинального обновления защитных составов	коррозии не подвергается. Не требует обновлений защитных составов

Сравниваемая характеристика	Металлоконструкция	LVL брус
реакция на горение	через 15-20 минут от начала возгорания материал начинает течь и теряет свою несущую способность	по огнестойкости значительно превосходит металл. Теряет несущую способность с уменьшением сечения бруса. Внешний слой горящего бруса служит естественным защитным слоем для более глубоких слоев

Разработано авторами

Но клееный брус имеет и недостатки. К недостаткам клееных большепролетных конструкций можно отнести следующие:

1. Возникновение трещин и щелей.
2. Усадка.
3. Цена. Высокая стоимость обусловлена сложной технологией изготовления материала.
4. К недостаткам также можно отнести плотные слои клея между слоями дерева, что может повлиять на экологичность материала. Но можно применять и безопасные клеевые системы.

Сравнение недостатков обычного бруса и клееного бруса представлены в табл. 2.

Таблица 2

Сравнение недостатков обычного бруса и клееного бруса

Недостатки	Характеристика бруса	
	Обычный брус	Клееный брус
поражение бруса грибком, древоточцами, загнивание и тому подобные дефекты	такой вид недостатков возможен и встречается	исключено
образование трещин	допускается. Размеры не должны превышать 1x15x150 см	возможно появление только продольных трещин, но они не должны влиять на несущую способность конструкции
влияние температурных колебаний	возможны все виды деформаций	скручивание и изгибы исключены
усадка материала	так как сушка материала не предусмотрена перед возведением, усадка составляет от 6 % до 8 %	перед использованием в строительстве материал высушивают. Тем не менее пока не удается избежать усадки полностью. Она составляет до 1 %
деформация конструкции	влага испаряется не равномерно из бруса, что влечет за собой появление некоторых деформаций	благодаря предварительной сушке, данный недостаток возможно почти полностью избежать
необходимость дополнительной теплоизоляции	необходимо тщательно утеплить все элементы	не требуется при брусом толщиной более 210 см
вид поверхности	требуется отделка	гладкая поверхность. Отделка не требуется

Разработано авторами

Один из главных минусов древесины заключается в том, что со временем этот строительный материал может деформироваться, могут появиться трещины и иные дефекты. Клееный брус же используют только после предварительной сушки материала, что позволяет избежать таких проблем.

Очень часто зодчие отдают предпочтение именно конструкциям из дерева в таких культурно-массовых сооружениях, как спортивные комплексы, бассейны, аквапарки, торговые комплексы и другие. Одной из причин этого является повышенное требование к внешнему виду

конструкции [5]. Конечно, это не единственный фактор в пользу выбора дерева. Возможность реализовать совершенно разные формы и изгибы конструкции из этого материала также огромное преимущество дерева перед иными строительными материалами [6]. Таким образом, клееная древесина открывает большие возможности архитекторам и конструкторам в вопросах создания новых выразительных форм и оболочек. Аналогичные идеи невозможно реализовать, используя лишь бетон или металл.

Так как дерево не подвергается коррозии в отличие от металла, его «любят» применять в сооружениях с повышенной влажностью внутри. К таким зданиям относятся аквапарки и бассейны. При этом дерево подвергается загниванию и возгоранию. Но эти проблемы решаются путем обработки дерева специальными профилактическими составами. Для сохранения внешнего вида дерева предпочитают прозрачные составы, которые сохраняют внешнюю эстетику деревянной текстуры [7].

Что касается применения клееной древесины за рубежом, то более 70 % спортивных сооружений, концертных залов, стадионов площадок для водных видов спорта и иных крытых большепролетных сооружений построены с применением клееного бруса. В Германии и Швейцарии около 66 % спортивных сооружений и павильонов построено также с использованием такого бруса [16].

Способность клееной древесины принимать самые необычные формы позволяет возводить самые неординарные сооружения. Некоторые из них представлены на рисунках 1, 2, 3.



Рисунок 1. *Метрополь Парасоль в Испании, г. Севилья (разработано <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=User:Rubendene&action=edit&redlink=1>)*

Метрополь Парасоль или Метропольские зонты построены в апреле 2011 года в испанском городе Севилья. Конструкция состоит из шести «грибов» или «зонтов», выполненных из клееной древесины. Архитектор Юрген Майер.



Рисунок 2. *Вид на кровлю изнутри складского сооружения в Италии, г. Бриндизи (разработано <https://plus.google.com/113806111800851026305>)*

В 2014 году начато строительство двух куполообразных складских сооружений в городе Бриндизи под руководством угольного подразделения энергетического концерна «Энел-Централе» в Италии. Внешний диаметр купола составляет 144 метра, а высота достигает почти 40 метров.



Рисунок 3. Стадион «Вейллант Арена» в Швейцарии,
г. Давос (разработано http://www.wikiwand.com/ru/Вайллант_Арена)

Стадион в основном используется для проведения хоккейных матчей. Является домашней ареной хоккейного клуба «Давос».

В России наиболее распространенное применение клееных конструкций получили сооружения сельскохозяйственного, промышленного и складского назначения. В таких сооружениях наиболее вероятно присутствие агрессивных сред, воздействию которых не подвергается сооружение из клееного бруса. Но сегодня данный вид конструкции находит применения далеко за пределами сельскохозяйственной сферы. Строятся и уже построено большое количество спортивных и культурно-массовых сооружений с применением клееного бруса в разных городах России [16]. Примеры таких сооружений представлены на рисунках 4, 5, 6.

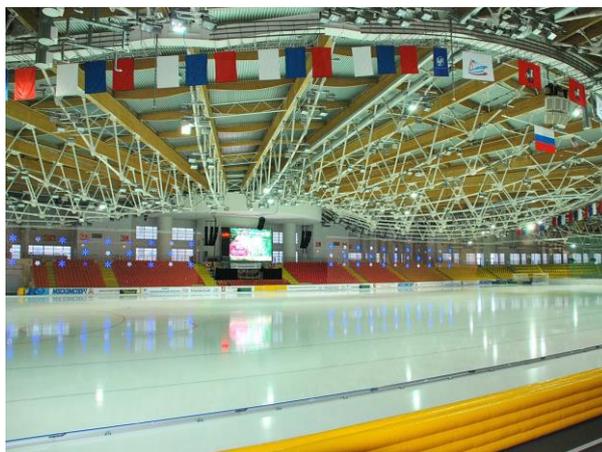


Рисунок 4. Спортивный комплекс «Крылатское».
Город Москва (разработано <http://www.totalticket.ru/places/sk-krylatskoe.html>)

Ледовый спортивный комплекс «Крылатское» построен в 2004 году, но в 2007 году были вынуждены приостановить эксплуатацию из-за лопнувшего стержня в системе вантов. Через год сооружение вновь было открыто для профессиональных спортсменов и любителей спорта. Несущие элементы покрытия выполнены из клееной древесины.



Рисунок 5. Дворец водных видов спорта.

Город Казань (разработано <http://infomadera.net/modulos/noticias.php?p=30>)

Деревянные несущие элементы покрытия прекрасно работают в условиях повышенной влажности. Внутренний облик здания уютен и архитектурно выразителен. Объект эксплуатировался для проведения соревнований во время летней Универсиады 2013 года и во время Чемпионата мира по водным видам спорта. Высота здания составила 26,5 метром и пролет клееных деревянных конструкций покрытия имеет длину примерно 63 м [17].



Рисунок 6. Аквапарк «Питерлэнд». Город Санкт-Петербург (разработано <https://spb.cian.ru/torgovo-razvlekatelnyy-centr-piterland-sankt-peterburg-6914/>)

Размер диаметра деревянного купола аквапарка составляет 90 м. Было принято решения использовать именно такой материал, хотя рассматривались и металлические и железобетонные варианты несущих конструкций. Снаружи купол покрыт прозрачным ограждающим материалом, что позволят людям на улице видеть красоту конструкций внутри сооружения, а внутри наблюдать красоту природы.

Результаты

Основными достоинствами клееной древесины являются экологичность, эстетические качества, легкость самой конструкции и легкость монтажа, коррозионная стойкость, соответственно возможность применения в помещениях, в которых преобладают агрессивные среды.

Клееные деревянные конструкции способны конкурировать с металлическими и армокаменными конструкциями, а во многих аспектах даже превосходят их.

ЛИТЕРАТУРА

1. Строительный спад в РФ продолжается [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ng.ru/economics/2017-07-26/4_7037_stroyspad.html – (Даты обращения: 25.05.2018).
2. Деревянные клееный конструкции: в тренде всерьез и надолго [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.d-c.spb.ru/archiv/057/42-45_57.pdf – (Даты обращения: 25.05.2018).
3. Виды деревянных клееных конструкций в строительстве [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.stroy-dom.net/?p=7342> – (Даты обращения: 25.05.2018).
4. Руднев И.В., Жаданов В.И. Методика расчета соединений элементов деревянных конструкций на стальных вклеенных пластинах // Вестник Оренбургского государственного университета. 2015. №5(180) с. 155-161.
5. Ломакин А.Д., Устрехов А.И. Огнезащита клееных деревянных конструкций для зданий и сооружений // Жилищное строительство. 2013. №5 с. 36-40.
6. Фёдорова О.В. Применение деревянных конструкций для трансформирующихся спортивных сооружений // Архитектон: известия вузов. 2013. №41 с. 107-113.
7. Турковский С.Б., Преображенская И.П., Погорельцев А.А. Клееные деревянные конструкции в современном строительстве (система ЦНИИСК) // ЛесПромИнформ. 2013. №6 (96).
8. Миронова С.И., Москалев М.Б., Ковжина А.Л., Серова Т.А. Исследование поражения микроскопическими грибами образцов из сосны и LVL // Вестник гражданских инженеров. 2015. №1(48) с. 145-151.
9. Варфоломеев А.Ю. Анализ опыта малоэтажного деревянного домостроения // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2010. С. 72-80.
10. Беличенко М.Ю., Ахметова Л.Р., Дроздова В.А. Строительство многоэтажных зданий на основе древесины // Проблемы современной науки и инноваций. 2016. №12 с. 31-38.
11. Крестьянинова А.Ю., Юминова М.О. Материалы и конструкции для строительства деревянных зданий // Наука через призму времени. 2017. С. 42-51.
12. Макишев Ж.К., Сивенков А.Б. Показатели пожарной опасности деревянных конструкций на основе клееного шпона // ОЛИГОМЕРЫ – 2015. 2015. С. 239.
13. Райчик М., Йончик Д. Моделирование огнестойких деревянных конструкций с использованием метода конечных элементов // Вестник гражданских инженеров. 2013. С. 104-109.
14. Цветков Д.Н. Теплотехническое обоснование наружных ограждений зданий из клееных деревянных энергоэффективных сортиментов // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2012. С. 81-90.
15. Дорофеева Ю.Н., Громенко И.В. Влияние рамных и арочных конструкций из клееной древесины на архитектурный облик зданий // Дальний восток: проблемы развития архитектурно-строительного комплекса. 2013. С. 76-83.
16. Моисеенко В.Н., Баталов А.Е., Попов О.Н., Моисеенко М.О. Опыт и перспективы применения деревоклееных конструкций // Вестник научных конференций. 2015. С. 124-126.
17. Дворец водных видов спорта. Объект всемирной XXVII летней Универсиады 2013 г. [Электронный ресурс]. – <http://www.gap-rt.ru/activities/design/housing/sport-constructions> – (Даты обращения: 25.05.2018).

Pertceva Anastasiia Evgenevna

Peter the great St. Petersburg polytechnic university, Saint Petersburg, Russia
E-mail: Pertceva7@gmail.com

Khizhnyak Nikita Sergeevich

Peter the great St. Petersburg polytechnic university, Saint Petersburg, Russia
E-mail: nikhizh@gmail.com

Astafieva Natalia Serafimovna

Peter the great St. Petersburg polytechnic university, Saint Petersburg, Russia
E-mail: gbeton@mail.ru

Experience with the use of large-span LVL constructions

Abstract. Nowadays, when people build any building or structures, they almost always use timber elements. Such structures can be found in ceilings, in coverings, beams, trusses, partitions, walls and even in enclosing structures. Wood is of particular interest in modern construction, in times of special attention to energy efficiency, as renewable material for 100 %. Many European countries are puzzled by the widespread use of renewable materials in the construction process, the Russian Federation also seeks to improve the energy efficiency of structures and materials, while not neglecting the bearing capacity and durability of structures.

There is a special attention is paid to glued laminated timber constructions in this article. They are gaining momentum in the construction of many structures, including large-span sports and entertainment facilities, such as indoor stadiums, sports complexes, swimming pools, indoor concert halls and playgrounds and also shopping malls.

Advantages and disadvantages of using such material in the construction of large-span structures were considered in this work. In addition, there were analyzed possibilities of using such constructions instead of metal structures.

A comparative table of the properties of glued laminated timber and ordinary timber and comparative table of glued laminated timber and steel structures are given in work.

Keywords: large-span constructions; timber; wood; laminated timber; wood constructions; energy efficiency; renewable materials; eco-friendly materials

REFERENCES

1. [www.ng.ru](http://www.ng.ru/economics/2017-07-26/4_7037_stroyepad.html). (n.d.). *The construction decline in Russia continues*. [online] Available at: http://www.ng.ru/economics/2017-07-26/4_7037_stroyepad.html (in Russian). [Accessed 25.05.2018].
2. [www.d-c.spb.ru](http://www.d-c.spb.ru/archiv/057/42-45_57.pdf). (n.d.). *Wooden glued constructions: in a trend seriously and for a long time*. [online] Available at: http://www.d-c.spb.ru/archiv/057/42-45_57.pdf (in Russian). [Accessed 25.05.2018].
3. [www.stroy-dom.net](http://www.stroy-dom.net/?p=7342). (n.d.). *Types of wooden glued constructions in construction*. [online] Available at: <http://www.stroy-dom.net/?p=7342> (in Russian). [Accessed 25.05.2018].
4. Rudnev I.V., Zhadanov V.I. (2015). A method for calculating the connections of elements of wooden structures on steel pasted plates. *Bulletin of the Orenburg State University*, 5(180), pp. 155-161. (in Russian).

5. Lomakin A.D., Ustrekhov A.I. (2013). Fire protection of glued wooden structures for buildings and structures. *Housing construction*, 5, pp. 36-40. (in Russian).
6. Fedorova O.V. (2013). Application of wooden structures for transforming sports facilities. *Architecton: news of universities*, 41, pp. 107-113. (in Russian).
7. Turkovskii S.B., Preobrazhenskaia I.P., Pogoreltsev A.A. (2013). Glued wooden structures in modern construction (TsNIISK system). *LesPromInform*, 6(96). (in Russian).
8. Mironova S.I., Moskalev M.B., Kovzhina A.L., Serova T.A. (2015). Investigation of the lesion by microscopic fungi of samples from pine and LVL. *Bulletin of Civil Engineers*, 1(48), pp. 145-151. (in Russian).
9. Varfolomeev A.Iu. (2010). Analysis of the experience of low-rise wooden housing construction. *Bulletin of the Tomsk State Architectural and Construction University*, pp. 72-80. (in Russian).
10. Belichenko M.Iu., Akhmetova L.R., Drozdova V.A. (2016). Building of multi-storey buildings on the basis of wood. *Problems of modern science and innovations*, 12, pp. 31-38. (in Russian).
11. Krestianinova A.Iu., Iuminova M.O. (2017). Materials and structures for the construction of wooden buildings. *Science through the lens of time*, pp. 42-51. (in Russian).
12. Makishev Zh.K., Sivenkov A.B. (2015). Indicators of fire hazard of wooden structures based on laminated veneer. *OLIGOMERS – 2015*, pp. 239. (in Russian).
13. Raichik M., Ionchik D. (2013). Modeling of fire-resistant wooden structures using the finite element method. *Vestnik civil engineers*, pp. 104-109. (in Russian).
14. Tsvetkov D.N. (2012). Thermotechnical substantiation of external fences of buildings from glued wooden energy-efficient assortments. *Bulletin of Tomsk State Architectural and Construction University*, pp. 81-90. (in Russian).
15. Dorofeeva Iu.N., Gromenko I.V. (2013). Influence of frame and arched constructions from glued wood on the architectural appearance of buildings. *Far East: the problems of development of the architectural and construction complex*, pp. 76-83. (in Russian).
16. Moiseenko V.N., Batalov A.E., Popov O.N., Moiseenko M.O. (2015). Experience and perspectives of application of wood-fiber constructions. *Bulletin of scientific conferences*, pp. 124-126. (in Russian).
17. www.gap-rt.ru. (n.d.). *Palace of Water Sports. Object of the World XXVII Summer Universiade 2013*. [online] Available at: <http://www.gap-rt.ru/activities/design/housing/sport-constructions> (in Russian). [Accessed 25.05.2018].