**ВЕСТНИК ПНИПУ.
СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА
Т. 7, № 1, 2016
PNRPU BULLETIN
CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE**
<http://vestnik.pstu.ru/arhit/about/inf/>

DOI: 10.15593/2224-9826/2016.1.03

УДК 691.714

АНАЛИЗ ТИПОВ СООРУЖЕНИЙ ИЗ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ГОФРИРОВАННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Е.Д. Остерман, О.А. Шутова

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия

О СТАТЬЕ

Получена: 23 декабря 2015
Принята: 12 января 2016
Опубликована: 31 марта 2016

Ключевые слова:

металлические гофрированные конструкции, стальные листы, подпорные стены, пешеходные переходы, транспортные тоннели, пешеходные тоннели, ангары, водопропускные сооружения, трудоемкость, монтаж, технология производства работ, конструкция сооружения

АННОТАЦИЯ

Бетонные и железобетонные конструкции имеют достаточно большой собственный вес, что делает процесс монтажа трудоемким и требует немало средств на транспортировку материала. Скорость возведения сооружений из традиционных материалов также невелика. В последнее время сооружения из металлических гофрированных конструкций стали активно внедряться в практику строительства в России, несмотря на то что первые сооружения из таких конструкций применяли уже более 100 лет назад. Объектом изучения являются сооружения из металлических гофрированных конструкций. Цель работы заключается в том, чтобы установить, какими преимуществами обладают данные конструкции перед традиционными. В статье приведена краткая история применения металлических гофрированных конструкций в России и в мире и дано их описание. Выполнен анализ следующих типов сооружений: подпорные стены, пешеходные переходы, транспортные и пешеходные тоннели, ангары, водопропускные сооружения. Рассматривались следующие параметры сооружений: скорость возведения, трудоемкость строительства, срок службы, сложность монтажа, конструкция сооружения, использование в особых условиях, стоимость строительства. По всем параметрам сооружения из металлических гофрированных конструкций показали замечательные характеристики. В итоге было выявлено, что преимуществами таких конструкций являются: долговечность, безопасность, простота монтажа, короткие сроки проведения работ, экономическая эффективность, удобство транспортировки, возможность применения в сложных условиях. Результаты анализа свидетельствуют о перспективе применения таких конструкций в подземном строительстве в России.

© ПНИПУ

© Остерман Екатерина Дмитриевна – магистрант, e-mail: osterman1993@mail.ru.
Шутова Ольга Александровна – старший преподаватель, e-mail: gshperm@mail.ru.

Ekaterina D. Osterman – Master Student, e-mail: osterman1993@mail.ru.
Olga A. Shutova – Senior Lecturer, e-mail: gshperm@mail.ru.

ANALYSIS OF THE TYPES OF CONSTRUCTIONS MADE OF CORRUGATED METAL STRUCTURES

E.D. Osterman, O.A. Shutova

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

ARTICLE INFO

Received: 23 December 2015
Accepted: 12 January 2016
Published: 31 March 2016

Keywords:

corrugated metal structures, steel sheets, retaining walls, pedestrian crossings, transport tunnels, pedestrian tunnels, hangars, culvert structures, labor intensiveness, assembling, technology of work, construction design

ABSTRACT

Concrete and reinforced concrete structures have large own weight, which makes the installation process laborious and requires a lot of money for the material transportation. The speed of the installation of structures made of traditional materials is also low. Recently buildings made of corrugated metal structures have been actively implemented into the practice of engineering in Russia, despite the fact that the first constructions of such design have been used more than 100 years ago. The object of the research is the constructions made of corrugated metal structures. The purpose of work is to establish what kind of advantages these designs have over traditional designs. This article refers to the history of the use of corrugated metal structures in Russia and the world and what are these designs. Such types of constructions like retaining walls, pedestrian crossings, transport and pedestrian tunnels, hangars, culverts are analyzed. The technology of constructing of corrugated metal structures and their design are presented. All of the structures dealt on such criteria as speed of construction, the complexity of the construction, service life, the complexity of installation, design structures, the use of special conditions, the cost of structures. By all of these criteria constructions made of corrugated metal structures showed remarkable characteristics. As a result it was found that the advantages of such structures are durability, safety, easy installation, short terms of work, cost-effectiveness, easy transportation, the possibility of use in difficult environments. The results show large prospects of such structures in underground civil engineering in Russia.

© PNRPU

История

В последнее время металлические гофрированные конструкции (МГК) получают все более широкое распространение, хотя известны уже не один десяток лет. В России первые постройки из таких конструкций были возведены более 100 лет назад. В период с 1887 по 1914 г. было уложено порядка 6400 м металлических гофрированных труб. Тогда эти изделия выпускались на Петербургском металлическом заводе. Из-за войн и революций производство и применение таких труб было остановлено. Массовое строительство началось только в СССР при строительстве Байкало-Амурской магистрали в 70-х гг. прошлого столетия. Однако при строительстве БАМ из-за аврального режима строители не всегда соблюдали технологию, поэтому в процессе эксплуатации гофры деформировались, в результате чего применение МГК на главных путях было запрещено [1]. И.А. Осокин отмечает, что на пути применения МГК в России лежат трудности, которые связаны с отсутствием достаточно надежных расчетных схем и методик расчета, учитывающих особенности их деформирования и взаимодействия с окружающим грунтовым массивом. В результате анализа отечественных и зарубежных экспериментов он сделал вывод, что поведение экспериментальной модели металлической гофрированной конструкции под нагрузкой довольно сильно зависит от степени уплотнения грунта в засыпке. Следовательно, при возведении сооружений из металлических гофрированных конструкций особое внимание необходимо уделять обеспечению одинакового уровня уплотнения грунта, чтобы создать условия для симметричной работы гофрированной конструкции [2].

Если рассматривать зарубежные страны, то впервые металлические гофрированные конструкции были применены в США. Первоначально изготавливали трубы небольших отверстий, а затем, когда стали применять более мощный профиль гофролиста, начали строительство более крупных сооружений, таких как мосты, путепроводы и т.д. После США активно внедрять МГК начали Канада и европейские страны.

Общие сведения о металлических гофрированных конструкциях

Металлические гофрированные конструкции представляют собой конструкции из стальных гофрированных листов, которые соединены между собой болтами [3]. Гофрированный лист – это лист из стали, имеющий волну гофр синусоидального профиля, изогнутый по радиусу или плоский (рис. 1).

Рис. 1. Стальной лист, имеющий волну гофр синусоидального профиля
Fig. 1. Steel sheet with corrugations of sinusoidal wave profile

Стальные листы изготавливаются методом холодного штампования или проката. Гофрированный лист является более прочным и может выдерживать большие нагрузки, чем обыкновенный гладкий стальной лист. Размер волн влияет на его конечные характеристики и на то, какие сооружения могут быть из него возведены. Для защиты МГК от коррозии применяется горячее оцинкование. Стальные оцинкованные листы могут иметь различную толщину и волну гофра. МГК стали популярны в строительстве, так как их применение возможно на территориях со сложными инженерно-геологическими, инженерно-гидрологическими и климатическими условиями.

После полного изготовления листа на производстве его необходимо доставить на строительную площадку для последующего возведения необходимой МГК. При изгибе по радиусу листов можно собрать трубу или арку. После этого каждый гофролист соединяют болтами в конструкцию, которая заранее была определена проектом. Затем всю конструкцию нужно засыпать грунтом и утрамбовать. Таким образом, вся грунтовая обойма будет работать совместно с металлоконструкцией, обеспечивая надежные эксплуатационные характеристики.

В настоящее время стало увеличиваться число фирм, производящих металлические гофрированные конструкции. Одним из крупнейших предприятий, которое занимается проектированием, изготовлением и установкой металлических гофрированных конструкций уже более 12 лет, является ЗАО «Гофросталь» (Московская область, Наро-Фоминский р-н, пос. Селятино). Предприятие работает на базе ОАО «Опытный завод «Гидромонтаж» [4].

Сейчас МГК широко применяются при строительстве транспортных и промышленных объектов. Из-за улучшения характеристик гофрированных листов расширяется область применения конструкций при строительстве, ремонте и реконструкции транспортных, инженерных и промышленных сооружений.

Основными объектами применения являются: автодорожные и железнодорожные путепроводы, тоннели, пешеходные переходы, водопропускные трубы, ливневые дренажи, коллекторы для коммуникаций, вентиляционные системы, галереи для защиты от лавин и камнепадов, производственные здания, склады и ангары, зернохранилища.

В статье рассмотрены следующие типы сооружений: подпорные стены, пешеходные переходы, транспортные и пешеходные тоннели, ангары, водопропускные сооружения.

Подпорные стены

Подпорные стены – это искусственное сооружение, которое удерживает массив грунта, находящийся за ним, от обрушения или сползания на участке местности с большими уклонами. Такие стены применяются для удержания террас, на которых могут располагаться здания, защиты дорог от камнепадов и предотвращения размыва берегов морями. Для строительства подпорных стен применяют различные виды материалов, такие как железобетон, бетон, бутобетон, природный камень, кирпич, дерево, габионы. Выбор материала зависит от принятого конструктивного решения стены.

Подпорные стены из металлических гофрированных листов – это засыпная конструкция коробчатого типа из связанных секций. Такие стены являются разновидностью классических стен гравитационного типа. Из-за этого проектирование и расчет таких конструкций выполняются как для обычных стен по нормам тех отраслей, в которых они будут применяться. Стальная коробчатая конструкция является гибкой структурой, благодаря чему перераспределяются нагрузки между элементами, приспосабливаясь к давлению грунта, не образуя трещин и недопустимых деформаций [5].

Подпорные стенки из МГК находят применение в гражданском, промышленном и гидротехническом строительстве.

Конструкция подпорной стены. Конструкция подпорной стены представлена на рис. 2.

Рис. 2. Конструкция подпорной стены: 1 – полностью собранная ячейка; 2 – ригель передней стенки; 3 – диафрагма в сборе; 4 – двухветвевой строп; 5 – ригель задней стенки; 6 – временное крепление; 7 – диафрагма

Fig. 2. Design of retaining walls: 1 – fully assembled cell; 2 – bolt faceplate; 3 – diaphragm assy; 4 – two-branch sling; 5 – bolt rear-wal; 6 – temporary mounting; 7 – diaphragm

Основными элементами сборной подпорной стенки являются ригели, ригели диафрагмы, стойки, опорные пластины, метизы, представляющие собой болты и гайки для соединения элементов конструкции между собой. Сами секции состоят из стальных профилированных элементов: стальных корытных (трапецеидальных) профилей, стоек, распорных и соединительных деталей. Шаг стоек принимается, как правило, 3 м, высота и ширина подбираются в зависимости от рельефа местности и предполагаемых нагрузок. Ригели и диафрагмы стенки образуются из корытного профиля (КП). Стойки стенки являются сборными, таврового сечения. В качестве дополнительных элементов конструкции стены используются уголок окаймления, защитный концевой элемент, уголок прикрывания, укороченный ригель, укороченный уголок окаймления, накладка, переходной ригель. Все элементы стен являются оцинкованными. Таким образом, конструкция подпорной стенки – это коробчатая система из связанных стойками секций.

Технология производства подпорной стены. Сооружение подпорной стены из МГК состоит из следующих этапов: подготовительные работы, подготовка основания, непосредственно монтаж конструкций, засыпка и уплотнение грунта в ячейках и грунтовой призмы за стеной.

Подготовительные работы включают в себя транспортирование элементов конструкций, погрузку и разгрузку с помощью строп и траверс. В процессе транспортировки необходимо следить, чтобы цинковое покрытие не было повреждено и не подвергалось деформациям.

При подготовке основания предусматриваются срезка растительного слоя грунта, планировочные работы, уплотнение грунта, вырезка траншеи. В траншее необходимо устроить подушку из уплотненного грунта толщиной 100–200 мм.

Технология сборки зависит от конструкции подпорной стены и может быть поэлементной или с укрупнительной сборкой на стройплощадке. В процессе сборки отдельные элементы соединяются болтами. В стыки стенки наружной грани укладывается два слоя геотекстиля для предотвращения выноса грунта засыпки поверхностными водами. После сборки секций или в процессе монтажа устраивается ее засыпка, а также засыпка застенного пространства дренирующим грунтом. Для монтажа требуется бригада из нескольких человек и простой инструмент. Для засыпки секций используется песчаный или гравелистый грунт. Засыпка выполняется по 0,2 м с поливом водой. В ячейках уплотнение должно производиться ручными пневмотрамбовками. За подпорными стенками пространство может засыпаться песком либо местным дренирующим, непучинистым грунтом. Засыпку ячейки необходимо устраивать выше или ниже уровня обратной засыпки снаружи не более чем на 400 мм [6].

Параметры оцениваемых показателей подпорной стены представлены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры оцениваемых показателей подпорной стены

Table 1

Parameters of the evaluated indicators retaining walls

№ п/п	Оцениваемый показатель	Параметры
1	Скорость возведения	По сравнению с традиционными конструкциями выше в 5–7 раз
2	Трудоемкость строительства	По сравнению с железобетонными в несколько раз ниже
3	Срок службы	При качественном монтаже может обходиться без ремонтов 70–90 лет

Окончание табл. 1

№ п/п	Оцениваемый показатель	Параметры
4	Сложность монтажа	Достаточно простой монтаж (использование ручного труда или оборудования небольшой грузоподъемности)
5	Конструкция сооружения	Отсутствие фундамента
6	Использование в особых условиях	Выдерживает повышенные сейсмические нагрузки, хорошо приспосабливается к изменяющимся грунтовым условиям
7	Стоимость	Строительство обходится на 30–40 % дешевле по сравнению с традиционными конструкциями. Стоимость транспортировки может быть в 10–15 раз ниже по сравнению с аналогичными железобетонными

Пешеходные переходы. Транспортные и пешеходные тоннели

Пешеходные тоннели – это искусственные сооружения, которые устраиваются под транспортными магистралями для развязки движения транспорта и пешеходов. Городские транспортные тоннели – сооружения, прокладываемые для пропуска транспорта в различных уровнях на пересечении улиц. Данные сооружения способствуют увеличению пропускной способности дорог и решению вопросов безопасности движения.

Пешеходный переход – это специальное искусственное сооружение, которое строится для обеспечения безопасного перехода пешеходов на противоположную сторону дороги либо улицы. Переходы могут возводиться как над проезжей частью, так и под ней. Для сооружения пешеходных переходов и тоннелей могут использоваться различные виды материалов. В настоящее время достаточно часто применяются конструкции из гофрированных листов при строительстве пешеходных переходов и городских тоннелей. Такие конструкции являются наиболее современными [7]. Полицентрическое очертание представляется наиболее целесообразным для транспортных или пешеходных тоннелей, а также подземных переходов. На рис. 3 показан пешеходный переход из металлических гофрированных конструкций, на рис. 4 – строительство тоннеля из металлических гофрированных конструкций.

Рис. 3. Пешеходный переход из металлических гофрированных конструкций

Fig. 3. Pedestrian crossing of corrugated metal structures

Рис. 4. Строительство тоннеля из металлических гофрированных конструкций

Fig. 4. Tunnel construction of corrugated metal structures

Конструкция пешеходного перехода и тоннелей. Для возведения надземного пешеходного перехода применяют конструкции замкнутого контура. Для обустройства переходов применяются гибкие металлические конструкции диаметром от 1,5 до 3 м. Для небольшого тоннеля простой и экономически выгодной альтернативой является металлическая труба. Для транспортных тоннелей используются сборные металлические гофрированные конструкции.

Технология производства пешеходных переходов, транспортных и пешеходных тоннелей. Сооружение пешеходного перехода или тоннеля включает в себя следующие этапы: подготовительные работы, монтаж конструкций и обустройство гидроизоляции, подвод коммуникаций и устройство освещения, отсыпка и обустройство территории.

Компоновка металлических арок осуществляется из стальных гофрированных листов, которые изогнуты под радиус в соответствии с проектом перехода. Элементы перехода соединяются в звенья с помощью болтового соединения внахлест. Двухрядное крепление используется в продольных стыках, а одинарное – в поперечных.

Для защиты от коррозии необходимо обрабатывать специальными полимерными эмалями или битумными мастиками места стыков, соединения, болтов, шайб и гаек.

Если грунт обладает высокой химической агрессивностью к металлу, то наносят дополнительное защитное покрытие с наружной или с обеих сторон поверхности конструкции. Высоту насыпи определяют исходя из диаметра перехода, толщины гофрированного листа и особенностей грунта.

Строительство переходов может вестись как с опережением, так и одновременно с устройством отсыпки.

Параметры оцениваемых показателей пешеходных переходов и тоннелей представлены в табл. 2.

Таблица 2

Параметры оцениваемых показателей пешеходных переходов и тоннелей

Table 2

Parameters of the evaluated indicators of pedestrian crossings and tunnels

№ п/п	Оцениваемый показатель	Параметры
1	Скорость возведения	По сравнению с традиционными конструкциями более быстрый монтаж
2	Трудоемкость строительства	Ниже по сравнению с железобетонными перекрытиями
3	Срок службы	Длительный срок службы
4	Сложность монтажа	Достаточно простой монтаж. Возможность быстрого монтажа вентиляционных, водоотводных, противопожарных систем. Строительные работы можно производить без остановки движения автотранспорта с частичным стеснением транспортного потока
5	Конструкция сооружения	Обладает высокой износостойкостью и прочностью при малой металлоемкости. Имеет малый вес. Широкий диапазон размеров и форм. Благодаря наличию «естественных» ниш в трубах их можно использовать для освещения
6	Использование в особых условиях	Возможно применение в любых климатических зонах
7	Стоимость	Низкая стоимость по сравнению с железобетонными конструкциями

Бескаркасные ангары

Бескаркасный ангар – ангар, который производится из гофрированного металлического листа и имеет ребра жесткости. Благодаря такой конструкции возможна установка ангаров без использования металлических ферм и каркасов [8].

Бескаркасные ангары нашли широкое применение во всем мире. Сооружения из МГК используются в сельском хозяйстве (сельскохозяйственные помещения и склады, овощехранилища) в качестве складских помещений, цехов, мастерских, гаражей, мастерских, крытых стоянок, закрытых спортивных сооружений и площадок, торговых павильонов, мини-рынков и т.д. [9].

Конструкция бескаркасных ангаров. Конструкция бескаркасного ангара представляет собой облегченную металлическую конструкцию, имеющую, как правило, форму арки. Основным материалом таких сооружений является гофрированный металлический профиль. Лист металла в данном случае выполняет функцию крыши и наружных стен. Бескаркасные ангары – это сооружения быстровозводимого типа. Они собираются без использования внутренних каркасов или перегородок. Бескаркасные ангары могут дополнительно оснащаться воротами и дверьми, лестницами и люками обслуживания, окнами, устройствами для выгрузки и загрузки в помещение, вентиляционными системами, системами охлаждения, тамбурами, датчиками влажности и температуры и другим оборудованием.

Технология производства бескаркасных ангаров. Сейчас появились специальные «фабрики на колесах», которые выпускают алюминиевые и стальные панели для возведения зданий и перекрытий непосредственно на площадке строительства. С помощью такого метода можно за короткое время спроектировать и построить бескаркасные ангары.

Строительство бескаркасных ангаров является достаточно простым процессом. Из алюминиевых или стальных листов вначале изготавливают панели нужной длины. После этого панели прямого профиля отправляют в машину, которая производит операции по приданию формы, и получают арочные панели диаметром от 4 до 40 м. Затем с помощью автоматической машины забортовочного типа производится сшивание панелей с водонепроницаемыми швами. Таким образом получают готовые панельные секции, которые можно установить на заданную площадку. Обычно для перемещения и установки используются гидравлические краны, но небольшие панели можно устанавливать вручную. Далее секции необходимо смонтировать на площадке и присоединить друг к другу при помощи забортовочной машины. Так ангар получится полностью водонепроницаемым и никакой герметизации не потребуется. Затем секции приваривают к фундаменту, устанавливают двери, торцевые стены и другое оборудование [10]. На рис. 5 показан процесс возведения бескаркасного ангара.

Параметры оцениваемых показателей бескаркасных ангаров представлены в табл. 3.

Рис. 5. Процесс возведения бескаркасного ангара
Fig. 5. Process of construction of frameless hangar

Таблица 3

Параметры оцениваемых показателей бескаркасных ангаров

Table 3

Parameters of the evaluated indicators of frameless hangars

№ п/п	Оцениваемый показатель	Параметры
1	Скорость возведения	Высокая скорость возведения
2	Трудоемкость строительства	Ниже по сравнению с каркасными ангарами
3	Срок службы	Служат более 50 лет
4	Сложность монтажа	Короткие сроки монтажа
5	Конструкция сооружения	Не требует капитального фундамента. Полезная площадь составляет 98–99 %
6	Использование в особых условиях	Обладают высокой прочностью, ветроустойчивостью. Возможно возведение на любом грунте
7	Стоимость	Гораздо ниже, чем каркасных ангаров. Уменьшение расходов на хранение материалов. Минимум затрат на транспортную технику

Водопропускные сооружения

Рис. 6. Металлические гофрированные трубы
Fig. 6. Metal corrugated pipe

Водопропускные трубы представляют собой искусственные сооружения, которые пропускают под дорогой постоянные или периодические потоки воды. По материалу различают трубы из железобетона, бетона, пластика и металла [11]. Водопропускные трубы из металлических гофрированных конструкций активно применяются в дорожном строительстве [12]. На рис. 6 показаны металлические гофрированные трубы.

Конструкция водопропускных сооружений. Водопропускные трубы представляют собой гибкие конструкции из металла без фундамента, находящиеся в тесном взаимодействии с грунтовой обоймой. Грунт, соприкасающийся с трубой, является неотъемлемой частью такой конструкции, поскольку в случае его отсутствия конструкция будет деформироваться, а в дальнейшем может вообще разрушиться [13].

Существует три типа водопропускных труб: малые (диаметром до 3 м), средние (диаметром от 3 до 6 м) и водопропускные сооружения эффективным диаметром 6–10 м. Для водопропускных сооружений обычно принимают следующие схемы поперечных сечений: круглая труба, которая характеризуется постоянным значением диаметра; горизонтально ориентированный эллипс и вертикально ориентированный эллипс. Тип поперечного сечения трубы зависит от гидрогеологических особенностей местности.

Технология производства водопропускных сооружений. Устройство водопропускных труб из металлических гофрированных конструкций включает в себя следующие этапы: подготовительные работы и транспортирование конструкций, геодезические

и разбивочные работы, устройство оснований и противофильтрационных экранов, монтаж металлической конструкции трубы, засыпка трубы [14]. Водопропускные трубы, которые будут укладываться под насыпи железных и автомобильных дорог, собираются из стандартных элементов. Листы гофрированного металла соединяются между собой при помощи болтов, гаек и шайб. Для каждого района в зависимости от климатических особенностей используются различные сорта стали.

Параметры оцениваемых показателей водопропускных сооружений представлены в табл. 4.

Таблица 4

Параметры оцениваемых показателей водопропускных сооружений

Table 4

Parameters of the evaluated indicators culverts

№ п/п	Оцениваемый показатель	Параметры
1	Скорость возведения	Высокая скорость возведения
2	Трудоемкость строительства	По сравнению с железобетонными и бетонными в несколько раз ниже
3	Срок службы	Срок службы составляет около 80 лет. Низкие затраты на поддержание работоспособности
4	Сложность монтажа	Достаточно простой монтаж без использования специальной техники. Монтаж возможен в любое время года
5	Конструкция сооружения	Обладают малой массой
6	Использование в особых условиях	Обладают высокой прочностью. Гибкость трубы позволяет выдерживать достаточно большие сейсмические нагрузки
7	Стоимость	Снижение стоимости при строительстве дорог. Строительство водопропускных металлических гофрированных труб обходится на 15–20 % дешевле, чем строительство из других материалов. Из-за небольшой массы конструкций возможна доставка любым видом транспорта

За последнее время было возведено достаточно много сооружений из металлических гофрированных конструкций. Примерами могут служить:

- подпорная стена высотой 6,5 м, применена в г. Кирове в качестве разделения верхнего и нижнего уровня автостоянки торгового центра;
- подпорные стены, устроены в Свердловской области в качестве устоев путепровода через железную дорогу на автодороге «Екатеринбург – Реж – Алапаевск»;
- мост через р. Тодья в Пермском крае;
- путепровод на автомобильной дороге «Алексеевское – Альметьевск»;
- реконструкция автодороги «Лена» М-56 в Амурской области;
- строительство автомобильной дороги от «КАД» до аэропорта «Пулково-1» [15].

Выводы

По результатам проведенной работы можно сделать вывод, что металлические гофрированные конструкции имеют хорошие прочностные характеристики и обладают рядом преимуществ перед традиционными конструкциями, такими как: долговечность, безопас-

ность, простота монтажа, короткие сроки проведения работ, экономическая эффективность, удобство транспортировки, возможность применения в сложных условиях.

При анализе различных типов сооружений было выявлено, что в России наибольшее распространение получили водопропускные сооружения для водопропускных труб. Однако преимущества, имеющиеся у металлических гофрированных конструкций, а также опыт применения их в других странах позволяют говорить о том, что наиболее перспективными направлениями для дальнейшего использования МГК являются транспортные и пешеходные тоннели, пешеходные переходы.

Библиографический список

1. Металлические гофрированные конструкции для транспортных сооружений [Электронный ресурс]. – URL: http://ptkor.ru/production/metallicheskiye_gofrirovannye_konstruktsii (дата обращения: 16.11.2015).
2. Осокин И.А. Совершенствование методов расчета металлических гофрированных конструкций с эксплуатационными повреждениями: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Пенза, 2014.
3. Сборные металлические гофрированные конструкции (СМГК) и ЛМГ [Электронный ресурс]. – URL: <http://tuborus.ru/technology/prefabricated> (дата обращения: 16.11.2015).
4. ЗАО «Гофросталь»: компания промышленного холдинга ОАО «Опытный завод «Гидромонтаж» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.gofrostal.ru/> (дата обращения: 16.11.2015).
5. Объемная подпорная стена с армированной застенной частью / Л.М. Бирюкова, Г.С. Переселенков, С.А. Челобитченко, С.С. Ниязбеков, В. Кулик, А.В. Корнаков // Описание изобретения к патенту – 2350713 РФ, МПК E02D29/02; ОАО «Научно-исследовательский институт транспортного строительства». – 2005112092/03; заяв. 25.04.2005; опублик. 27.03.2009.
6. Стандарт организации ЗАО «Гофросталь» «Изделия строительные металлические из гофрированных листов для конструкций инженерных сооружений». [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.gofrostal.ru/sto-documents> (дата обращения: 16.11.2015).
7. Металлические гофрированные конструкции – востребованные сооружения в гражданском строительстве [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.aleksin-ask.ru/mgk-vostrebovannye-sooruzhenia-v-grazhdanskom-stroitelstve.html> (дата обращения: 19.11.2015).
8. Соколов В.А. Бескаркасный ангар // Заявка на изобретение – 2001101568 РФ, МПК E04B1/32; 2001101568/03; заяв. 16.01.2001; опублик. 10.01.2003.
9. Быстровозводимые бескаркасные металлические ангараы по выгодным ценам [Электронный ресурс]. – URL: <http://zhest62.ru/byistrovozvodimyie-beskarkasnyie-metallicheskie-angaryi-eto-vyi> (дата обращения: 20.11.2015).
10. Бескаркасное строительство ангаров – технология и преимущества [Электронный ресурс]. – URL: <http://skladovoy.ru/beskarkasnoe-stroitelstvo-angarov-universalnye-arochnye-konstrukcii.html> (дата обращения: 20.11.2015).
11. Строительство, реконструкция и ремонт водопропускных сооружений [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.road-stroy.ru/services/discharge-facility> (дата обращения: 22.11.2015).
12. Петрова Е.Н. Проектирование и строительство транспортных сооружений из металлических гофрированных элементов: учеб. пособие. – М.: Изд-во МАДИ, 2012. – 56 с.
13. Водопропускные трубы для автомобильных дорог [Электронный ресурс]. – URL: <http://otrubah.ru/prednaznachenie/vodostochnie/vodopropusknye-truby-216> (дата обращения: 22.11.2015).
14. Подвальный Р.Е., Потапов А.С., Янковский О.А. Технология строительства металлических гофрированных водопропускных труб. – М.: Транспорт, 1978. – 78 с.
15. Объекты применения продукции компаний ООО «МГК» и ООО «МГК Проект» в 2010–2013 годах [Электронный ресурс]. – URL: <http://mgk-proekt.ru/object/> (дата обращения: 22.11.2015).

References

1. Metallicheskie gofirovannye konstruksii dlia transportnykh sooruzhenii [Corrugated metal structures for transport facilities], available at: http://ptkor.ru/production/metallicheskiye_gofirovannye_konstruksii (accessed 16 November 2015).
2. Osokin I.A. Sovershenstvovanie metodov rashcheta metallicheskiykh gofirovannykh konstruksii s ekspluatatsionnymi povrezhdeniyami [Perfecting of calculation methods of corrugated metal structures with operational damages]. Abstract of Ph.D.'s degree dissertation. Penza, 2014.
3. Sbornye metallicheskie gofirovannye konstruksii (SMGK) i LMG [Prefabricated metal corrugated structures], available at: <http://tuborus.ru/technology/prefabricated> (accessed 16 November 2015).
4. ZAO "Gofrostal": kompaniya promyshlennogo kholdinga OAO "Opytnyi zavod "Gidromontazh" [CJSC "Gofrostal": industrial holding company JSC "Opytnyi zavod "Gidromontazh"], available at: <http://www.gofrostal.ru/> (accessed 16 November 2015).
5. Biriukova L.M., Pereselenkov G.S., Chelobitchenko S.A., Niazbekov S.S., Kulik V., Kornakov A.V. Ob'emnaia podporaia stena s armirovannoi zastennoi chast'iu [Volume retaining wall with reinforced behind-wall part. Patent specification]. *Opisaniye izobreteniya k patentu № 2350713, RF, MPK E02D29/02*.
6. Standart organizatsii ZAO "Gofrostal" "Izdeliya stroitel'nye metallicheskie iz gofirovannykh listov dlia konstruksii inzhenernykh sooruzhenii". [Organization standard CJSC "Gofrostal" "Products for construction of corrugated metal sheets for civil engineering structures"], available at: <http://www.gofrostal.ru/sto-documents> (accessed 16 November 2015).
7. Metallicheskie gofirovannye konstruksii – vstrebovannye sooruzheniya v grazhdanskom stroitel'stve [Corrugated metal structures – demand constructions in civil engineering], available at: <http://www.aleksin-ask.ru/mgk-vstrebovannye-sooruzheniya-v-grazhdanskom-stroitel'stve.html> (accessed: 19 November 2015).
8. Sokolov V.A. Beskarkasnyi angar [Frameless hangar]. *Zaiavka na izobretenie № 2001101568. RF, MPK E04B1/32*.
9. Byistrovozvodimye beskarkasnye metallicheskie angary po vygodnym tsenam [Prefabricated frameless metal hangars at competitive prices], available at: <http://zhest62.ru/byistrovozvodimye-beskarkasnye-metallicheskie-angaryi-eto-vyi> (accessed 20 November 2015).
10. Beskarkasnoe stroitel'stvo angarov – tekhnologiya i preimushchestva [Frameless construction of hangars – technology and advantages], available at: <http://skladovoy.ru/beskarkasnoe-stroitel'stvo-angarov-universalnye-arochnye-konstrukcii.html> (accessed 20 November 2015).
11. Stroitel'stvo, rekonstruktsiya i remont vodopropusknykh sooruzhenii [Construction, reconstruction and repair of culverts], available at: <http://www.road-stroy.ru/services/discharge-facility> (accessed 22 November 2015).
12. Petrova E.N. Proektirovaniye i stroitel'stvo transportnykh sooruzhenii iz metallicheskiykh gofirovannykh elementov [Design and construction of transport facilities of corrugated metal elements]. Moscow: MADI, 2012. 56 p.
13. Vodopropusknye truby dlia avtomobil'nykh dorog [Culverts for automobile roads], available at: <http://o-trubah.ru/prednaznachenie/vodostochnie/vodopropusknye-truby-216> (accessed 22 November 2015).
14. Podval'nyi R.E., Potapov A.S., Iankovskii O.A. Tekhnologiya stroitel'stva metallicheskiykh gofirovannykh vodopropusknykh trub [Construction technology of corrugated metal culvert pipes]. Moscow: Transport, 1978. 78 p.
15. Ob"ekty primeneniya produktsii kompanii OOO "MGK" i OOO "MGK Proekt" v 2010–2013 godakh [Objects of products application of the company LLC "MGK" and LLC "MGK Proekt" in the 2010–2013 years], available at: <http://mgk-proekt.ru/object/> (accessed 22 November 2015).