

КОНСТРУКТОРСКОЕ РЕШЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ БЫСТРОВОЗВОДИМОГО СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ЗОНАХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

ГАМШГИЙН ҮЕД ТҮРГЭН ДЭЛГЭХ БОЛОМЖТОЙ
БАЙГУУЛАМЖИЙН ИНЖЕНЕРИЙН ШИЙДЭЛ БА ТЕХНОЛОГИ

Г.Хатанбаатар

*Дотоод хэргийн их сургуулийн Онцгой байдлын сургуулийн Гамигаас
хамгаалах албаны тэнхимийн багш, хошууч*

Аннотация. В статье представлены основные этапы разработки конструкции быстровозводимого сооружения для применения в зонах чрезвычайных ситуаций. Приведено сравнение предлагаемого сооружения с быстровозводимыми сооружениями, наиболее широко применяемыми в настоящее время. Показаны области применения предложенных быстровозводимых сооружений.

Ключевые слова: чрезвычайные ситуации, зона чрезвычайных ситуаций, быстровозводимые сооружения, пневматические опалубки.

Цитирование: Михневич И.В., Николенко С.Д., Рыбаков А.В. Конструкторское решение и технология быстровозводимого сооружения для применения в зонах чрезвычайных ситуаций. // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2019. № 1 (40). С. 66-75.

Ежегодно в мире происходит большое количество чрезвычайных ситуаций (далее-ЧС). При этом достаточно часто возникает необходимость в защите объекта [1] и в срочном размещении материальных и технических средств в зоне ЧС во временных сооружениях [2]. В качестве временных сооружений в настоящее время достаточно широко используются палатки, объекты контейнерного типа, модульные сборные, надувные и другие сооружения. Палатки используются достаточно давно. Однако при быстрой по времени установке они не вполне соответствуют требованиям прочности и долговечности. Контейнерные сооружения имеют панельное решение, каркас панелей выполнен из стальных профилей или деревянных брусков, обшитых с внешней стороны стальным листом, а с внутренней-древесноволокнистой плитой либо пластиком. Внутри каркаса имеется утеплитель. Достоинством таких сооружений является высокая степень

заводской готовности. Недостатки таких сооружений: ограничение пролета помещений, значительные экономические затраты при транспортировке. Сборные сооружения отличаются простотой сборки. В конструкции таких сооружений используют каркас из стального профиля. Снаружи каркас обшивается легкими материалами (например, оцинкованная сталь толщиной 0,6 мм). Изнутри обшивается деревом, древесно-стружечной плитой. Для утепления сооружения используют теплоизолирующие материалы (например, минеральная вата). Недостатками сборных сооружений являются значительный объем, занимаемый в разобранном состоянии, это приводит к увеличению площадей для хранения и затрат на транспортировку, а также относительно высока трудоемкость и длительный срок возведения. При проведении аварийно-спасательных работ наиболее широко применяют пневмокаркасные быстровозводимые сооружения (далее-ПБС). Базовым элементом ПБС является пневмокаркасный модуль, который состоит из нескольких надувных арок, соединенных продольными надувными балками. С наружной и внутренней сторон арок имеются тканевые обшивки из прочного негорючего материала (рисунок 1). Окна могут быть выполнены из поливинилхлоридной пленки и из органического стекла. Эти сооружения могут применяться практически в любых климатических условиях. В то же время следует отметить, что наружная оболочка данных укрытий изготовлена из материала, который не способен противодействовать механическим нагрузкам и имеет низкую степень защиты от гаммаизлучений. К тому же есть неопределенность в отношении пожарной безопасности таких сооружений. Имеются ограничения: по скорости ветра до 15 м/сек; по относительной влажности воздуха до 98% при +25 °С; по снеговой нагрузке до 0,2 кПа (20 кг/м²). Основными недостатками таких сооружений являются относительно малые механическая прочность и устойчивость к природным воздействиям (например, к сильному ветру, снегопаду)



Рисунок 1 - Вид пневмокаркасного быстровозводимого сооружения

Кроме этого возможны ситуации, когда зоны ЧС располагаются в районах ведения боевых действий, что может привести к поражению людей и повреждению материальных ценностей, находящихся внутри сооружений, в результате воздействия стрелкового оружия. Также возможно воздействие радиоактивных и химически опасных веществ в зонах ЧС. Всё это выдвигает дополнительные требования к временным сооружениям. В частности - устойчивость к воздействию стрелкового оружия и защиту от радиоактивных и химически опасных веществ. В настоящей статье предлагается техническое решение по созданию конструкции сооружения, имеющего высокую степень заводской готовности (не менее 80%), малый срок возведения (до двух суток), высокую степень защиты от воздействия стрелкового оружия, радиоактивных и химически опасных веществ, повышенный уровень устойчивости при воздействии высоких температур по сравнению с другими быстровозводимыми сооружениями. С учетом изложенного, предлагаемое сооружение может обладать отдельными свойствами защитных сооружений гражданской обороны [3, 4]. В качестве прототипа для разрабатываемого сооружения были взяты конструкции, возводимые с помощью пневматической опалубки [5, 6]. Такие сооружения более прочные и устойчивые к природным воздействиям по сравнению с другими временными сооружениями, используемыми в зонах ЧС. В частности, они могут выдерживать снеговую нагрузку до 1,18 кПа (118 кг/м²) и ветровую нагрузку до 0,5 кПа (50 кг/м²). Способ использования пневматической опалубки для возведения тонкостенных железобетонных конструкций был разработан в 1980 году в Ленинградском высшем военном инженерно-строительном Краснознаменном училище имени генерала армии А.Н. Комаровского [7]. Такая опалубка обычно представляет собой гибкую оболочку из высокопрочной прорезиненной ткани или прочной полимерной пленки, наполненных сжатым воздухом, изготавливаемых по специальным выкройкам. Технология возведения сооружений с помощью пневматической опалубки состоит из следующих процессов: укладка на разложенную опалубку сетки и стержней арматуры, укладка бетонной смеси, подача под внутреннюю поверхность опалубки воздуха с помощью вентиляторов под давлением 1,5-2,5 кПа (150-250 кг/м²). Давление подается до полного подъема опалубки в рабочее (проектное) положение в

течение 10-20 минут. В таком положении опалубка находится в течение определенного времени, пока бетон не достигнет проектной прочности. В дальнейшем производят снятие опалубки путем прекращения подачи воздуха под опалубку и выполняют дополнительные работы. Такая технология имеет следующие основные недостатки: сползание и расслоение уложенной бетонной смеси, неконтролируемое перемещение арматуры при подъеме опалубки. Чтобы предотвратить сползание свежееуложенной смеси её укрывают пленочным материалом, а также заглаживают образовавшиеся трещины. В целом процесс возведение сводчатых конструкций с помощью пневмоопалубки включает большое количество операций с низким уровнем технологичности и, как следствие, большое количество ручного труда (например, укрытие бетонной смеси пленочным материалом и заглаживание трещин в бетоне). При этом выполняется достаточно значительный объем дополнительных работ (например, устройство торцевых частей сооружения). Эти недостатки в основном устраняются в предложенных технических решениях создания пневматической опалубки для быстрого возведения сооружения (рисунок 2), которое состоит из двух оболочек - внутренней (рисунок 2, фигура 6) и наружной (рисунок 2, фигура 5). Оболочки выполнены из прочного эластичного материала и расположены одна от другой на фиксированном расстоянии [8,9]. Обе оболочки надежно закрепляются на основании (рисунок 2, фигура 2) с обеспечением герметичности. Для отсоса воздуха, образовавшегося при твердении бетона и находящегося между оболочками, в верхней части наружной оболочки размещен патрубок (рисунок 2, фигура 7). В нижней части по периметру сооружения расположен впускной клапан (рисунок 2, фигура 9) для подачи воздуха внутрь сооружения (рисунок 2, фигура 8). Наружная и внутренняя оболочки соединены между собой с помощью гибких связей (рисунок 2, фигура 4). Расстояние между связями обеспечивает постоянную толщину конструкции по всей площади сооружения (создает —эффект стеганного одеяла).

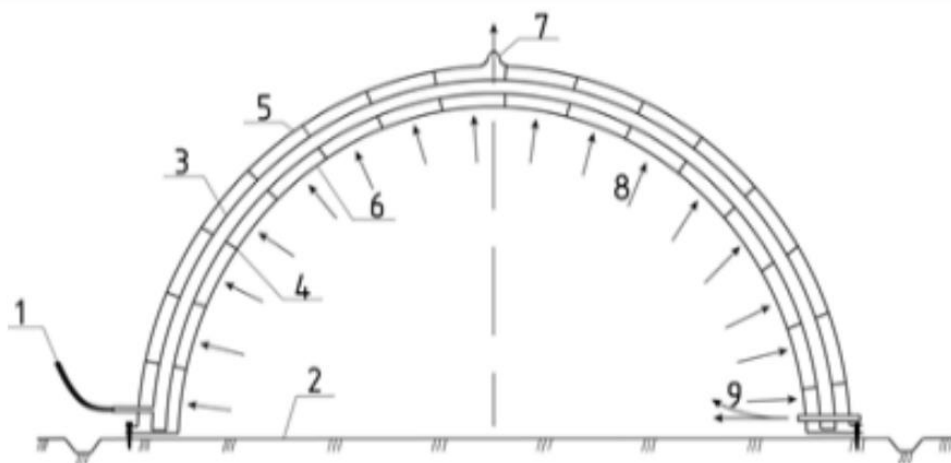


Рисунок 2 – Схема сооружения в разрезе

Рисунок 2 - Схема сооружения в разрезе

Между наружной и внутренней оболочками размещена сухая фиброармированная смесь (например, цементно-песчаная с металлическими фибрами) на основе быстротвердеющего вяжущего материала (например, цемент с ускорителем твердения с платифицирующим действием лигнопан Б2 в количестве 1% от цемента). Применение фибры позволит значительно повысить трещиностойкость [10] и ударную стойкость конструкции [11], а также сократить начальный этап схватывания и улучшить подвижность без нарушения водоцементного соотношения. Такая сухая смесь размещается между оболочками при изготовлении опалубки на заводе. Для подачи жидкости, затворяющей сухую смесь, в конструкции расположены гибкие перфорированные трубки (рисунок 3, фигура 3). Трубки имеют патрубки (рисунок 3, фигура 1) на наружной оболочке для подключения источника жидкости. Расстояния (рисунок 3) между перфорированными трубками (рисунок 3, фигура в) и между отверстиями в трубках (рисунок 3, фигура а) приняты 100 мм [12]. Расстояние между оболочками определяется расчетом по прочности, но не может превышать (рисунок 3, фигура а). Соблюдение таких расстояний позволяет полностью затворять сухую смесь. Оболочки сооружения имеют специальный раскрой, соответствующий форме сооружения. Внутренняя оболочка выполнена из более эластичного материала. Такая опалубка изготавливается в заводских условиях доставляется в зону ЧС, расправляется с помощью крана и крепится к основанию. С помощью

подачи воздуха под опалубку (8) она приводится в проектное положение. По перфорированным трубкам подается затворяющая сухую смесь жидкость (например, вода). Затем производится дополнительный поддув опалубки для удаления воздуха. При этом сооружение принимает окончательную толщину и форму. В таком положении опалубка при избыточном давлении под опалубкой 2-3 кПа выдерживается примерно 25-30 часов.

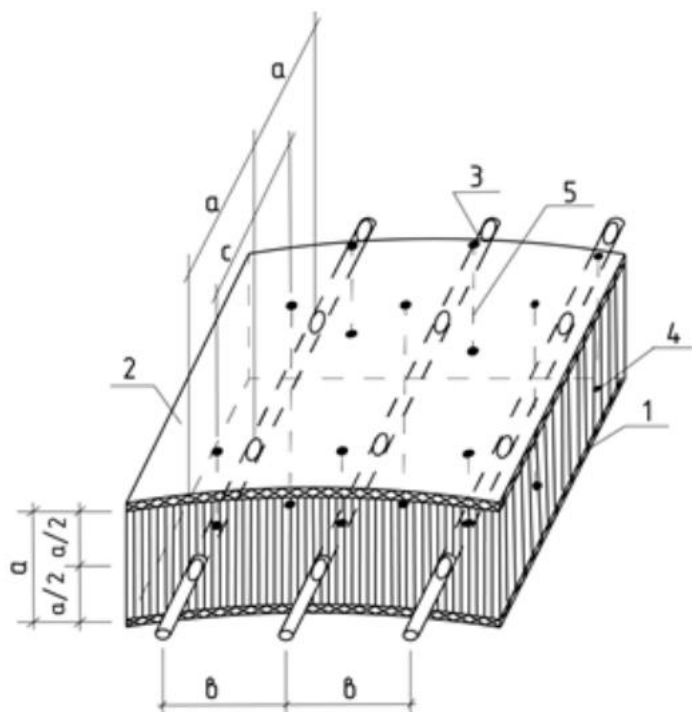


Рисунок 3 - Схема расположения отверстий в трубках и креплений оболочек между собой

где: 1 - внутренняя оболочка, 2 - наружная оболочка, 3 - гибкие перфорированные трубки, 4 - сухая фиброармированная смесь, 5 - гибкие связи, а - расстояние между оболочками и отверстиями в перфорированных трубках, в - расстояния между перфорированными трубками, с - расстояние между связями оболочек

При возведении конструкции важным фактором является стабильность рабочего давления воздуха под опалубкой. Относительное изменение величины рабочего давления не должно превышать [6]: $\Delta P/P \leq 0,18$, где ΔP - абсолютное изменение величины рабочего давления; P - величина рабочего давления. Затем воздух выпускается из опалубки и сооружение готово к эксплуатации без расчетной нагрузки (например, снеговой). В это время в опалубке вырезают

проемы с помощью ручной дисковой пилы. Через двое суток сооружение полностью готово к эксплуатации. При этом наружная оболочка опалубки в процессе эксплуатации выполняет функцию кровли, а внутренняя оболочка - функцию отделки. Предложенный вариант опалубки можно заранее размещать в потенциально опасных и труднодоступных регионах в готовом виде, в сложенном состоянии на складах. Однако при длительном хранении опалубки цемент, находящийся в сухой смеси, слеживается и теряет активность, что в дальнейшем сказывается на прочностных свойствах возведенной конструкции сооружения. Для увеличения срока хранения таких опалубок предлагается в состав сухой фиброармированной смеси, изготавливаемой на заводе, не включать цемент в сухом виде [13]. При возведении конструкции для затворения сухой фиброармированной смеси целесообразно применять раствор быстротвердеющего вяжущего с добавками пластификаторов и ускорителей твердения (например, цементное молоко с добавками в жидком виде). Кроме того, оболочки могут быть выполнены из гидрофобного материала, что позволяет воздуху и несвязанной жидкости беспрепятственно покидать межоболочное пространство. Для подачи цементного молока в трубки, на наружной поверхности сооружения предлагается разместить дополнительные патрубки, что позволит более качественно затворить сухую смесь. На рисунках показана схема и сечение А-А улучшенной конструкции сооружения (рисунок 4 и 5).

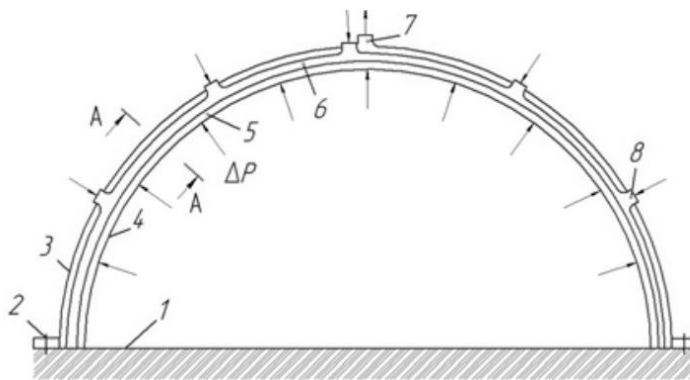


Рисунок 4 - Схема улучшенной конструкции сооружения

где: 1 - основание, 2 - крепление сооружения к основанию, 3 - наружная оболочка, 4 - внутренняя оболочка, 5 - сухая фиброармированная смесь, 6 - гибкие перфорированные трубки, 7 - патрубок отсоса воздуха, 8 - патрубок для подачи раствора в сухую смесь, ΔP - избыточное давление

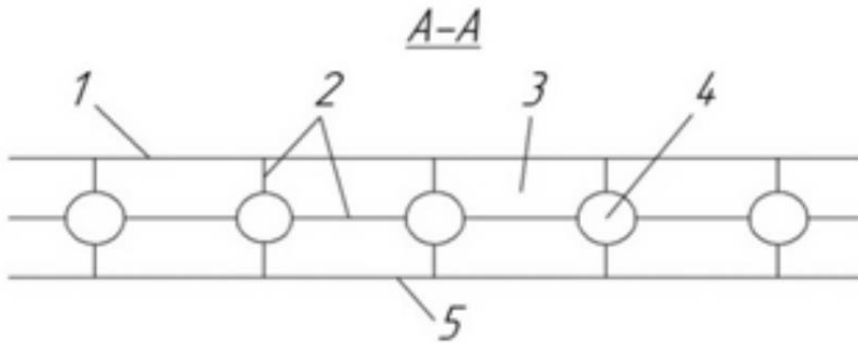


Рисунок 5 - Разрез А-А

где: 1 - внешняя оболочка; 2 - гибкие связи; 3 - сухая смесь; 4 - перфорированные трубки; 5 - внутренняя оболочка.

Предлагаемая конструкция сооружения имеет форму арки. При такой форме необходимо воспринимать распорную нагрузку, возникающую в основании свода арочного сооружения. Для этого необходимо произвести крепление опалубки к основанию. Для решения данной задачи предлагается использовать гибкое основание, которое герметично крепится к оболочкам сооружения, составляя единое целое для восприятия распора [14, 15]. Основание сооружения, воспринимающее распорные усилия, должно иметь строение, схожее со строением свода опалубки, и в рабочем положении образовывать со сводом единую жесткую конструкцию. При этом основание может выполнять функцию пола быстровозводимого сооружения (рисунок 6).

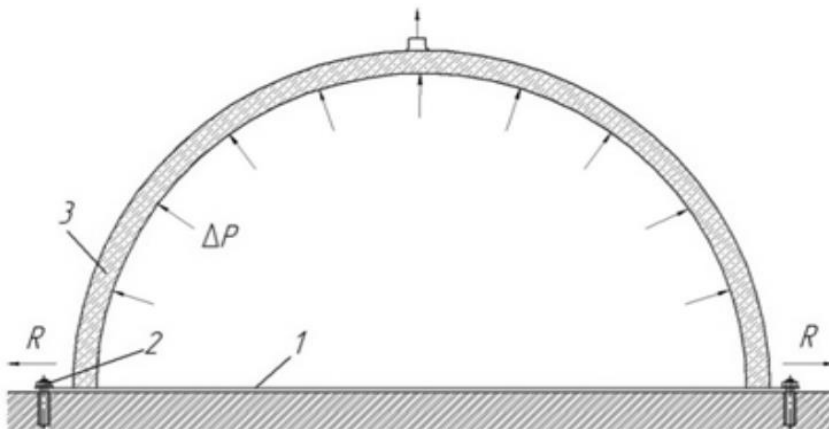


Рисунок 6 - Схема сооружения воспринимающего распор

где: 1 - основание; 2 - анкер; 3 - сооружение; R - распор; ΔP - избыточное давление.

В дальнейшем при разработке технологии возведения таких сооружений, с целью повышения плотности бетона ограждающих конструкций, на внутреннюю сторону внешней оболочки предлагается закрепить пористый материал, что позволит эффективно удалять избыток влаги из межоболочного пространства [16]. Совместно с разработкой конструкций быстровозводимых сооружений на базе пневматической опалубки ведется изучение свойств заполнителей межоболочного пространства для выбора наиболее эффективного из них [17]. Для изучения поведения заполнителя межоболочного пространства при высоких температурах был проведен нагрев образцов заполнителя [18] в муфельной печи до температуры 800 °С, что соответствует возможной температуре пожара внутри сооружения. Результаты показали, что применение дисперсного армирования мелкозернистого бетона позволяет конструкции сохранить форму в течение суток и более. Соответственно другие быстровозводимые сооружения при такой температуре разрушатся. Для сравнения стойкости рассматриваемых быстровозводимых сооружений к воздействию стрелкового оружия были взяты сведения из рисунка 1а [19]. Из анализа защитных толщин стен от простых и бронебойных пуль следует, что из всех быстровозводимых сооружений наибольшую защиту обеспечивают ограждающие конструкции предлагаемого сооружения. Предполагаемая область использования таких сооружений это ЧС федерального и трансграничного масштаба. В зоне ЧС быстровозводимые сооружения такой конструкции можно использовать для размещения техники и материальных ценностей. Также такие сооружения можно использовать для размещения рабочих в загородной зоне и эвакуированного из городов населения в местах отселения. В период нарастания угрозы и в период мобилизации возможно возведение таких сооружений для создания противорадиационных укрытий. При продолжительном периоде восстановительных работ в зоне ЧС эти сооружения могут использоваться в качестве складских и производственных сооружений. При утеплении сооружения напылением на внутреннюю оболочку утеплителя (например, пенополиуретана) и устройстве системы отопления, оно может использоваться в условиях зимы и крайнего Севера. Таким образом, разработана конструкция быстровозводимого сооружения на базе пневматической опалубки, имеющая 80% заводской готовности. Расчетный размер конструкции высота 3 метра, ширина 6 метров, длина 10 метров, толщина конструкции

для района г. Воронеж - 5 сантиметров. Предполагаемые срок возведения такого сооружения (бригада 4 человека) двое суток; трудоемкость возведения, с учетом технологического перерыва для набора бетоном расчетной прочности - 96 чел-ч; стоимость возведенного сооружения (на 1.08.2010) 550 тыс. рублей. Учитывая высокую степень заводской готовности, строительство подобных сооружений можно осуществлять силами населения, так как практически исключены работы, требующие высококвалифицированной рабочей силы (например, сварочные работы). Такая монолитная конструкция обеспечивает больший уровень герметичности, по сравнению с другими рассмотренными быстровозводимыми сооружениями и с учетом бетонной ограждающей конструкции имеет повышенную защиту от радиоактивных веществ и химически опасных веществ. Снижение γ -излучения в два раза. При необходимости сооружение может обваловываться, что увеличит его защитные свойства. Обвалование сооружения приводит к увеличению нагрузки на ограждающие конструкции. С применением программы —Лира 9.6|| был проведен расчет прочности ограждающих конструкций методом конечных элементов на нагрузку грунта толщиной 30 сантиметров. Проведенные расчеты показали, что при толщине грунта 5 сантиметров сооружение способно выдержать нагрузку от такого обвалования. Это позволит увеличить защитные свойства от воздействия радиоактивных и химически опасных веществ. Сооружения защищает от воздействия стрелкового оружия, имеет повышенную устойчивость при воздействии высоких температур. Таким образом, конструкция предлагаемого сооружения, при соответствующей доработке, может использоваться при реализации инженернотехнических мероприятий гражданской обороны и предупреждения чрезвычайных ситуаций, для защиты населения и снижения материального ущерба от ЧС техногенного и природного характеров, от опасностей, возникающих при ведении военных конфликтов или вследствие этих конфликтов.

Литература

1. Рыбаков А.В., Иванов Е.В., Савинов А.М., Геккель И.Я. О подходе к определению показателя защищенности зданий и сооружений опасного производственного объекта // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2017. № 2 (33). С. 33-40. 72 Научные и образовательные проблемы гражданской защиты Михневич И.В., Николенко С.Д., Рыбаков А.В.

2. Баринов А.М., Попов В.И. О некоторых аспектах разработки проектных решений быстровозводимых защитных сооружений для укрытия населения. // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. 2014. Т. 4. № 1. С. 251-288.
3. СП 88.13330.2014. Защитные сооружения гражданской обороны. Актуализированная редакция СНиП II-11-77* (с Изменением N 1).
4. ГОСТ Р 42.4.03-2015. «Гражданская оборона. Защитные сооружения гражданской обороны. Классификация. Общие технические требования».
5. Рекомендации по применению пневматических опалубок для изготовления строительных конструкций / под общ. ред. А. Г. Трущева. — Свердловск: Изд-во ПТО «Прогресс», 1990. — 180 с.
6. Рекомендации по возведению монолитных сооружений на пневмоопалубке / под ред. А. С. Арзуманова. - Воронеж: ВИСИ, 1988. – 95с.
7. Петраков, Б. И. Бетонирование конструкций с применением пневмоопалубки / Б. И. Петраков. —Л.: Стройиздат, Ленинградское отделение, 1984. – 220 с.
8. А.с. № 1649072 СССР, кл. Е 04 G 11/04. Пневматическая опалубка для быстрого возведения сооружения / С.Д.Николенко, В.В.Мамулин, М.В.Леонтьев. Бюл. 1991. № 18, – 2 с.
9. Николенко С.Д. Применение пневматических опалубок для обеспечения безопасности в чрезвычайных ситуациях природного характера. В сборнике: Системы жизнеобеспечения и управления в чрезвычайных ситуациях, межвузовский сборник научных трудов. Воронежский государственный технический университет, Международная академия наук экологии безопасности человека и природы; В. И. Федянин - ответственный редактор. Воронеж, 2007. С. 279-283.
10. Николенко С.Д., Ставров Г.Н. Экспериментальное исследование работы фибробетонных конструкций при знакопеременном малоцикловом нагружении. // Известия высших учебных заведений. Строительство и архитектура. 1986. № 1. С. 18-22.
11. Лоскутов А.С., Николенко С.Д. Оценка влияния дисперсного армирования на качество бетонных конструкций после ударных воздействий. // Комплексная безопасность. 2017. Т. 1. № 1. С. 65-72.
12. Михневич И.В., Николенко С.Д., Казаков Д.А. Использование заполнителей в быстровозводимых сооружениях на основе пневмоопалубки. // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2015. № 3 (39). С. 39-45.

13. Патент РФ № 2371555 Российская Федерация, МПК Е 04 G 11/04. Сооружение, возведенное на несъемной пневматической опалубке [Текст] / Николенко С.Д., Казаков Д.А. заявитель и патентообладатель Воронеж. гос. арх.-строит. унив-т. – №2008122797; заявл. 05.06.2008; опубл. 27.10.2009, Бюл. №30, 2009. – 4 с.
14. Патент РФ № 2415237 Российская Федерация, МПК Е 04 G 11/04. Быстровозводимое сооружение на базе пневматической опалубки [Текст] / Николенко С.Д., Казаков Д.А., Михневич И.В.; заявитель и патентообладатель Воронеж. гос. арх.-строит. унив-т. – № 2009139731/03; заявл. 27.10.2009; опубл. 27.03.2011, Бюл. №9. – 5 с.
15. Патент РФ № 2568461 Российская Федерация, МПК Е 04 G 11/04, Е 04 В 1/32 Сооружение на базе пневматической опалубки [Текст] / Николенко С.Д., Михневич И.В.; заявитель и патентообладатель Воронеж. гос. арх.-строит. унив-т. – № 2014103233/03; заявл. 30.01.2014; опубл. 2015, Бюл. №32. –5 с.