

УДК 624.012.042.8.001.2

Особенности проектирования убежищ гражданской обороны с податливыми опорами в виде сминаемых вставок кольцевого сечения

ISSN 1996-8493

© Технологии гражданской безопасности, 2022

Г.П. Тонких, О.Г. Кумпяк, З.Р. Галяутдинов

Аннотация

Представлены результаты исследования прочности железобетонных несущих конструкций убежищ гражданской обороны на податливых опорах при кратковременном динамическом нагружении. В качестве податливых опор рассмотрены сминаемые вставки кольцевого сечения. По результатам расчета плиты перекрытия убежища гражданской обороны показана высокая эффективность применения податливых опор рассматриваемого типа. Применение податливых опор привело к значительному снижению коэффициента динамичности конструкции, перемещений и усилий, а также к снижению расхода стали на армирование плиты перекрытия убежища в 3,23 раза.

Ключевые слова: убежище; кратковременная динамическая нагрузка; податливая опора; кольцевое сечение; коэффициент динамичности; усилие; упругая стадия; пластическая стадия; стадия отвердения.

Design Features of Civil Defense Shelters with Pliable Supports in the Form of Crumpled Inserts of Annular Section

ISSN 1996-8493

© Civil Security Technology, 2022

G. Tonkikh, O. Kumpyak, Z. Galyautdinov

Abstract

Study results of the civil defense shelters reinforced concrete load-bearing structures on malleable supports strength under short-term dynamic loading are presented. Crumpled inserts of annular cross-section are considered as malleable supports. According to the calculation results of the civil defense shelter floor slab, the high efficiency of the type in question malleable supports use is shown. The use of malleable supports led to the significant decrease in the structure dynamism coefficient, movements and efforts, as well as to the steel consumption decrease for reinforcing the shelter floor slab by 3.23 times.

Key words: shelter; short-term dynamic load; malleable support; annular section; coefficient of dynamism; force; elastic stage; plastic stage; hardening stage.

15.08.2022

В соответствии с «Основами государственной политики Российской Федерации в области гражданской обороны на период до 2030 года», утвержденными Указом Президента Российской Федерации от 20 декабря 2016 г. № 696 целью государственной политики в области гражданской обороны является обеспечение необходимого уровня защищенности населения, материальных и культурных ценностей от опасностей, возникающих при военных конфликтах и чрезвычайных ситуациях.

Одной из основных задач государственной политики в области гражданской обороны является совершенствование нормативной правовой, нормативно-технической и методической базы в области гражданской обороны, в том числе за счет разработки и внедрения современных средств и технологий коллективной защиты населения, к которым в первую очередь относятся защитные сооружения гражданской обороны.

При проектировании несущих конструкций убежищ гражданской обороны [3, 4, 5] они рассчитываются, исходя из условия восприятия действующих динамических нагрузок. При таком подходе, ввиду высокой интенсивности динамических воздействий, размеры поперечных сечений несущих конструкций получаются весьма большими, что приводит как к значительным материальным затратам при их производстве, так и к серьезному увеличению трудоемкости работ. Кроме этого значительные размеры несущих конструкций приводят к увеличению нагрузки на фундамент, что требует устройства более мощного фундамента.

Убежища гражданской обороны проектируются встроенными или отдельно стоящими. Отдельно стоящие убежища выполняются в основном заглубленными, при этом по их покрытию выполняется грунтовая засыпка. Заглубленные в грунт убежища обеспечивают наиболее надежную защиту от всех поражающих факторов. При высоком уровне грунтовых вод в пределах площадки строительства либо высоконапорных грунтовых вод допускается при соответствующем технико-экономическом обосновании строительство полузаглубленных или возвышающихся, отдельно стоящих убежищ. Во всех случаях сооружения должны быть обвалованы грунтом.

Встроенные убежища располагаются под зданиями наименьшей этажности из строящихся в пределах рассматриваемой площадки строительства. В этом случае убежища могут располагаться под объектами промышленного, административного и жилого назначения.

Наиболее рациональная конструктивная схема убежища выбирается на основе технико-экономического сравнения вариантов решений. Практика проектирования показывает, что в целях наиболее рационального использования площади помещений сооружения по хозяйственному назначению в мирное время и под убежища наиболее целесообразно принимать сетки колонн 6×6 и 4.5×6 м. Более мелкая сетка колонн затрудняет использование помещений в мирное время и вынуждает увеличивать площадь, используемую под убежище, что приводит к общему удорожанию сооружения. Применение других, более мелких, сеток

должно быть оправдано технико-экономическими обоснованиями.

При проектировании убежищ ГО применяются конструктивные схемы следующих типов: каркасно-панельная с полным каркасом; каркасно-панельная с неполным каркасом; бескаркасная.

Конструктивная схема встроенных убежищ выбирается с учетом конструкций здания или сооружения, в которое встраивается убежище, и на основе технико-экономической оценки объемно-планировочного решения по использованию помещений в мирное время.

Каркасно-панельная схема с полным каркасом состоит из колонн и ригелей, перекрытия и стен, выполняется из сборных элементов (плит, панелей), жестко связанных с ригелями и колоннами. При каркасно-панельной схеме с неполным каркасом колонны по периметру каркаса отсутствуют; ригели опираются на продольные или поперечные стены, выполненные, как правило, из железобетона. Перекрытия также выполняются в сборном исполнении с жестким креплением плит к ригелям. Кроме этого в рассмотренных конструктивных схемах по покрытию может устраиваться слой монолитного железобетона для увеличения несущей способности и повышения герметичности сооружения. При бескаркасной схеме вертикальные ограждающие и внутренние конструкции выполняются в виде сплошных стен. Перекрытия проектируют сборными, сборно-монолитными или монолитными, как правило, с обеспечением надежной связи элементов путем сварки закладных деталей или выпусков арматуры.

При проектировании убежищ из монолитного железобетона применяются наиболее рациональные конструктивные решения, в которых в наилучшей степени используются прочностные характеристики бетона. При устройстве стен, перекрытий и покрытия из монолитного железобетона узлы сопряжения рекомендуется проектировать жесткими, с установкой в них необходимой по расчету арматуры.

Несущие и ограждающие конструкции убежищ гражданской обороны — перекрытия, наружные и внутренние стены, колонны, фундаменты — должны быть рассчитаны на воздействие ударной волны и обладать необходимой несущей способностью.

Для снижения интенсивности динамического воздействия на несущие конструкции убежищ гражданской обороны в них могут быть применены податливые опоры в виде сминаемых вставок кольцевого сечения, обеспечивающих деформирование в упругой, пластической стадии и стадии отвердения (рис. 1) [2, 6, 7–12].

Схемы применения податливых опор зависят от конструктивного решения убежищ. Для каркасно-панельной схемы, с полным или неполным каркасом, податливые опоры целесообразно устанавливать в основании вертикальных несущих стен (рис. 2).

В качестве податливых опор могут применяться разнообразные конструктивные элементы. Основное требование к опорам — это обеспечение их деформирования в упругой и пластической стадиях, а также исключение перехода в стадию отвердения. Одним из наиболее простых в конструктивном плане,

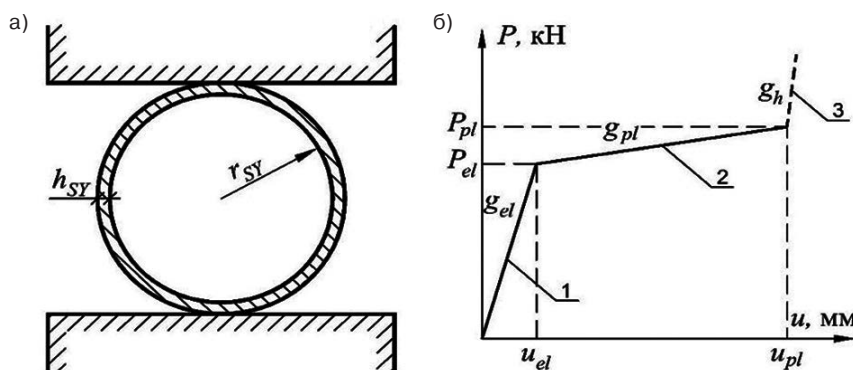


Рис. 1. Податливые опоры в виде сминаемых вставок кольцевого сечения: а — общий вид; б — диаграмма деформирования податливой опоры; 1 — упругая стадия; 2 — пластическая стадия; 3 — стадия отвердения; g_{el} — жесткость податливой опоры в упругой стадии деформирования; u_{el} — предельная деформация податливой опоры в упругой стадии; g_{pl} — жесткость податливой опоры в пластической стадии; u_{pl} — предельная деформация податливой опоры в пластической стадии

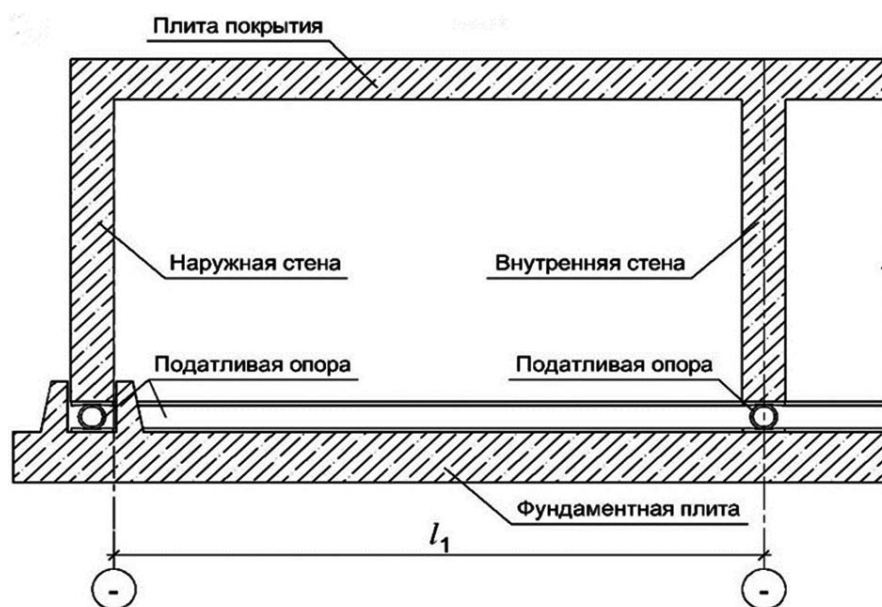


Рис. 2. Схема расстановки податливых опор в основании вертикальных несущих стен убежищ

удовлетворяющих указанным требованиям, являются сминаемые вставки кольцевого сечения. При использовании опор данного типа их конструкция включает опору кольцевого сечения, размеры которой определяются расчетом, а также опорную и распределительную пластины (рис. 3), привариваемые к закладным деталям несущих элементов каркаса (ригелей, консолей колонн).

Важным вопросом при проектировании убежищ гражданской обороны является обеспечение герметичности сооружения. Применение податливых опор предполагает значительные перемещения конструкций при действии динамической нагрузки. В зависимости от конструктивного решения убежищ деформирование податливых опор приводит к перемещению тех или иных конструкций и нарушению целостности сопряжения элементов

При расположении податливых опор в основании несущих стен горизонтальная динамическая нагрузка от действия воздушной ударной волны должна восприниматься наружными стенами и передаваться на неподвижные несущие стены, жесткосопряженные с фундаментом (рис. 4). Для обеспечения свободного



Рис. 3. Узел сопряжения наружных вертикальных стен с фундаментом в бескаркасных и каркасных ЗС ГО

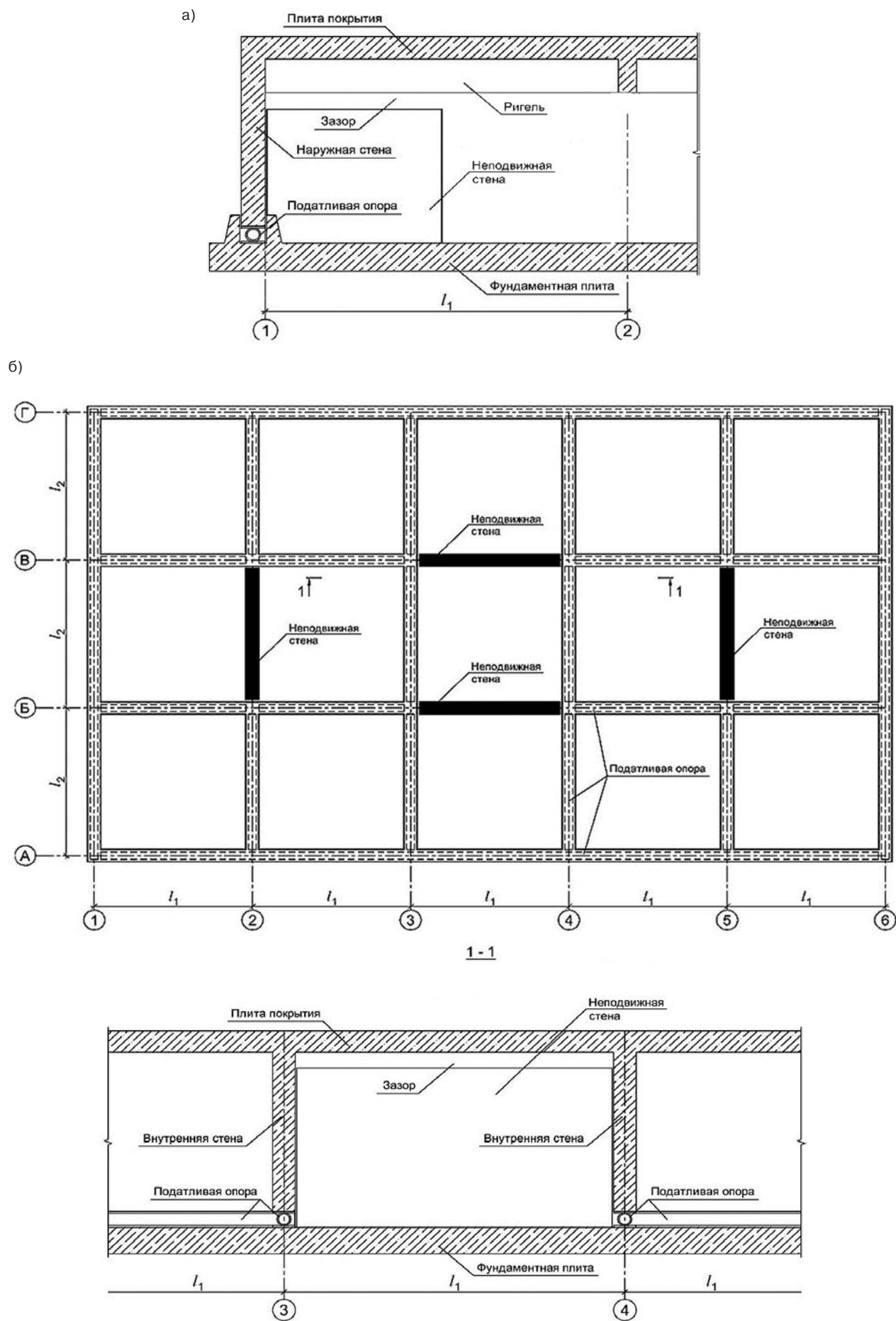


Рис. 4. Схема расстановки податливых опор и неподвижных стен для восприятия горизонтальной динамической нагрузки: а) у наружной стены; б) в середине убежища

деформирования податливых опор необходимо предусмотреть горизонтальные зазоры между верхней гранью неподвижных стен и нижней отметкой несущих конструкций покрытия. Кроме этого необходимо предусматривать также устройство вертикальных зазоров между подвижными и неподвижными стенами в виде прослоек из различных материалов (рубероид, целлофан и т. п.) для исключения сцепления бетона этих конструкций.

Высота помещений убежищ с податливыми опорами в виде сминаемых вставок кольцевого сечения должна быть принята в соответствии с требованиями использования их в мирное время, но не менее $2,0 \text{ м} + D_{\text{по}}$, где $D_{\text{по}}$ — наружный диаметр податливой опоры (рис. 4).

Высота внутренних дверных проемов убежищ с податливыми опорами должна быть увеличена на величину наружного диаметра податливой опоры $D_{\text{по}}$, относительно требований использования их в мирное время.

При расположении податливых опор в основании вертикальных несущих стен отметка пола тамбура или тамбур-шлюза по месту их примыкания к наружным стенам должна располагаться ниже отметки порога защищенных входов и выходов на величину $D_{\text{по}}$.

Прокладка транзитных и связанных с системой здания сетей и коммуникаций через помещения убежищ с податливыми опорами в виде сминаемых вставок кольцевого сечения не допускается.

Прокладка сетей и коммуникаций для функционирования убежищ должна производиться через неподвижные конструкции. Допускается также прокладку коммуникаций и сетей осуществлять в теле фундаментной плиты.

На вводах коммуникаций, обеспечивающих внешние связи помещения, приспособляемого под убежище, с другими, а также функционирование систем внутреннего оборудования после воздействия расчетной нагрузки следует предусматривать компенсационные устройства.

Проектировать компенсационные устройства и дверные проемы следует с учетом возможной осадки сооружения, определяемой расчетом.

В общем случае расчет железобетонных элементов убежищ производится по первой группе предельных состояний в соответствии с требованиями СП 88.13330 и СП 63.13330 [4, 5]. При этом рассматриваются следующие предельные состояния: 1а — характеризующее деформирование конструкции в условно-упругой стадии при напряжении в арматуре менее либо равному пределу текучести; 1б — характеризующее деформирование конструкции в упругопластической стадии с достижением предельных деформаций в арматуре и бетоне.

Динамический расчет в предельном состоянии 1а производится с применением методов динамики упругих систем. При расчете по состоянию 1б исходят из того, что предельные углы раскрытия в шарнирах пластичности, определенные из динамического расчета конструкций в упругой и пластической стадиях, не превышают предельно допустимых значений.

Расчет конструкций проводится, как правило, статическим способом, исходя из условий прочности, представленных в [4, 5]. При этом прочностные характеристики материалов, входящие в расчетные зависимости, принимаются с учетом динамического упрочнения. Коэффициенты динамического упрочнения принимаются в зависимости от материала и его физико-механических свойств.

Как показывают исследования, наибольший эффект от применения податливых опор наблюдается при деформировании железобетонной конструкции в условно-упругой стадии. При расчете конструкций на податливых опорах деформирование конструкций убежища рассматривается в условно-упругой стадии. Деформирование податливых опор по периметру плиты принимается равномерным.

В качестве примера рассмотрим расчет бескаркасного монолитного убежища гражданской обороны, вертикальными несущими конструкциями которого являются монолитные железобетонные стены толщиной 400 мм, установленные в продольном и поперечном направлениях. Монолитная плита покрытия толщиной 400 мм жестко сопряжена с вертикальными стенами. Податливые опоры устанавливаются в основании всех вертикальных несущих стен, между нижним торцом монолитных стен и верхним обрезом монолитного фундамента. Деформирование податливых опор принимается равномерным, поскольку несущие стены обладают высокой жесткостью в вертикальном направлении и обеспечивают равномерную передачу динамической нагрузки от покрытия на податливые опоры и далее — на фундамент сооружения. Несущие конструкции выполнены из тяжелого бетона класса В25. Рабочее армирование выполняется горячекатаной стержневой арматурой класса А500. Размеры по осям в продольном и поперечном направлениях составляют: 6×6 м. Ввиду равномерного действия динамической нагрузки рассматривается расчет одной ячейки сооружения размерами в плане: 6×6 м.

Согласно п. 7.1 [4] несущие конструкции убежищ рассчитываются на особое сочетание нагрузок, включающее постоянные, длительные и кратковременные статические нагрузки и одну особую.

Податливые опоры принимаются из стали С255. Диаметр и толщина стенки опоры определяются расчетом. В качестве расчетного состояния принимается состояние, при котором опоры деформируются в упругопластической стадии без перехода в стадию отвердения, а деформирование конструкции рассмотрено в условно упругой стадии (предельное состояние 1а по СП 88.13330.2014 [4]).

По проведенным расчетам [7] определяются размеры податливой опоры: толщина — 6 мм и радиус — 50 мм. Значение коэффициента динамичности убежища на податливых опорах с учетом фактических принятых размеров податливой опоры будет составлять: $k_d = 0,354$, что ниже коэффициента динамичности убежища на несмещаемых опорах, равного $k_d = 1,8$, установленного СП 88.13330 [4], более чем в 5 раз.

Выводы

1. Использование податливых прослоек кольцевого сечения, при проектировании убежищ гражданской обороны, позволит существенно снизить материалоемкость защитных конструкций, что, в свою очередь, приведет к возможности увеличения количества возводимых защитных сооружений и повышению эффективности защиты населения.

2. В соответствии с результатами проведенного расчета армирование плиты перекрытия

убежища на несмещаемых опорах составляет: 5Ø18 A500 ($A_s = 1272,5 \text{ мм}^2$) — в пролете; 5Ø18 A500 ($A_s = 1275,5 \text{ мм}^2$) — в опорных сечениях. Армирование плиты убежища на податливых опорах составляет, соответственно: 5Ø10 A500 ($A_s = 392,5 \text{ мм}^2$) и 5Ø10 A500 ($A_s = 392,5 \text{ мм}^2$). Расход арматуры на плиту перекрытия для убежища на несмещаемых опорах составил 1114,9 кг, а для убежища на податливых опорах — 344,3 кг. Таким образом, расход стали на плиту перекрытия убежища за счет применения податливых опор снижен в 3,23 раза.

Литература

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 29 ноября 1999 г. № 1309 «О порядке создания убежищ и иных объектов гражданской обороны» (с изменениями и дополнениями).
2. Тонких Г. П., Кумпяк О. Г., Галаяутдинов З. Р. Расчет прочности защитных сооружений гражданской обороны на податливых опорах в виде сминаемых вставок кольцевого сечения // Технологии гражданской безопасности. 2020. Т. 17. № 4 (66). С. 94–97.
3. СП 165.1325800.2014 «Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны. Актуализированная редакция СНиП 2.01.51-90» (с изменениями № 1, 2).
4. СП 88.13330.2014 «Защитные сооружения гражданской обороны. Актуализированная редакция СНиП II-11-77*» (с изменениями № 1, № 2).
5. СП 63.13330.2018 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003» (с изменениями № 1, № 2, № 3).
6. Расторгуев Б. С. Прочность железобетонных конструкций зданий взрывоопасных производств и специальных сооружений, подверженных кратковременным динамическим воздействиям: Автореф. дисс. докт. техн. наук. М., 1987. 37 с.
7. Руководство по проектированию защитных сооружений гражданской обороны с податливыми опорами в виде сминаемых вставок кольцевого сечения // М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2020. С. 46.
8. Кумпяк О. Г., Галаяутдинов З. Р., Максимов В. Б. Железобетонные плиты на податливых опорах при кратковременном динамическом нагружении // Бетон и железобетон. 2014. № 5. С. 16–19.
9. Кумпяк О. Г., Галаяутдинов З. Р., Максимов В. Б. Исследование железобетонных плит, опертых по контуру на жесткие и податливые опоры, при кратковременном динамическом нагружении // Вестник Томского гос. архит.-строит. ун-та. 2013. № 1. С. 69–76.
10. Кумпяк О. Г., Галаяутдинов З. Р., Кокорин Д. Н. Прочность и деформативность железобетонных конструкций на податливых опорах при кратковременном динамическом нагружении. Томск: Изд-во ТГАСУ, 2016. 270 с.
11. Руководство по проектированию строительных конструкций убежищ гражданской обороны. М.: Стройиздат, 1982.
12. Стандарт организации СТО СМК 8.0-4.7-2022 «Проектирование защитных сооружений гражданской обороны с податливыми опорами в виде сминаемых вставок кольцевого сечения». ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2022 г.

Сведения об авторах

Тонких Геннадий Павлович: д.т.н., проф., ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), гл.н.с. науч.-исслед. центра; проф. каф. «Железобетонные и каменные конструкции» НИУ МГСУ. Москва, Россия. SPIN-код: 3954-1917.

Кумпяк Олег Григорьевич: д.т.н., проф., Томский государственный архитектурно-строительный университет. Томск, Россия. SPIN код: 8881-5003.

Галаяутдинов Заур Рашидович: д.т.н., доц., Томский государственный архитектурно-строительный университет. Томск, Россия. SPIN код: 3050-1547.

Information about authors

Tonkikh Gennady P.: ScD (Technical Sc.), Professor, All-Russian Research Institute for Civil Defense and Emergency, Chief Researcher, Research Center; Professor of the Department “Reinforced Concrete and Stone Structures” of the National Research University “Moscow State University of Civil Engineering”. Moscow, Russia. SPIN scientific: 3954-1917.

Kumpyak Oleg G.: ScD (Technical Sc.), Professor, Tomsk State University of Architecture and Building. Tomsk, Russia. SPIN scientific: 8881-5003.

Galyautdinov Zaur R.: ScD (Technical Sc.), Associate Professor, Tomsk State University of Architecture and Building. Tomsk, Russia. SPIN scientific: 3050-1547.

Издания ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ)

Авторы, название	URL
Мануйло О.Л. Творчество юных во имя спасения: Литературно-художественный альманах, т. Вып. № 6.	https://elibrary.ru/item.asp?id=48506682
Качанов С.А. и др. Глобальная и национальные стратегии управления рисками катастроф и стихийных бедствий: Материалы конгресса.	https://elibrary.ru/item.asp?id=48698036
Арефьева Е.В. и др. Устойчивость муниципальных образований Российской Федерации в условиях изменения климата.	https://elibrary.ru/item.asp?id=49448379
Жуков А.О. и др. Системный анализ: Философско-методологические аспекты. Часть 1.	https://elibrary.ru/item.asp?id=49470474