

Информационные технологии и управление в области безопасности жизнедеятельности

Научная статья

УДК 699.8

doi: 10.34987/vestnik.sibpsa.2022.25.30.021

Применение ультразвукового контроля для определения прочности бетона плит перекрытий после взрыва бытового газа в жилом доме

Софья Дмитриевна Ковалева

Антон Хариевич Авгуцевич

*Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны
и чрезвычайных ситуаций МЧС России, Москва, Россия*

Автор ответственный за переписку: Софья Дмитриевна Ковалева, sofia Kovaleva55@yandex.ru

Аннотация. В последнее время участились случаи взрыва бытового газа, при которых возникает не только частичное разрушение несущих конструктивных элементов зданий или сооружений, но и полное их обрушение. Вследствие этого, здания и сооружения и их отдельные конструктивные элементы испытывают различного рода деформации, что может привести к катастрофическим последствиям. Поэтому, при взрыве газа, в том числе бытового, необходимо проводить исследования прочностных характеристик, поврежденных и цельных несущих конструктивных элементов, которые помогут определить состояние конструкций и сделать вывод о техническом состоянии здания или сооружения в целом.

Ключевые слова: обследование зданий, ультразвуковой прибор, прочность, плита перекрытия, взрыв газа, бетонные конструкции

Для цитирования: Ковалева С.Д., Авгуцевич А.Х. Применение ультразвукового контроля для определения прочности плит перекрытий после взрыва бытового газа в жилом доме // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2022. № 2 (25). С. 180-185.

Original article

THE USE OF ULTRASONIC TESTING TO DETERMINE THE STRENGTH OF CONCRETE FLOOR SLABS AFTER AN EXPLOSION OF HOUSEHOLD GAS IN A RESIDENTIAL BUILDING

Sofia D. Kovaleva¹

Anton H. Avgutsevics²

*^{1,2}All-Russian Research Institute for Civil Defense and Emergency Situations of the Ministry of
Emergency Situations of Russia, Moscow, Russia*

Corresponding author: Sofia D. Kovaleva, sofia Kovaleva55@yandex.ru

Abstract. Recently, cases of household gas explosion have become more frequent, in which there is not only partial destruction of bearing structural elements of buildings or structures, but also their complete collapse. As a result, buildings and structures and their individual structural elements experience various kinds of deformations, which can lead to catastrophic consequences. Therefore, when gas is called, including domestic gas, it is necessary to conduct studies of strength characteristics, damaged and solid bearing structural elements that will help determine the condition of structures and draw a conclusion about the technical condition of the building or structure as a whole.

Keywords: building inspection, ultrasonic device, strength, floor slab, gas explosion, concrete structures

For citation: Kovaleva S.D., Avgutsevics A. H. The use of ultrasonic testing to determine the strength of concrete floor slabs after an explosion of household gas in a residential building // Siberian Fire and Rescue Bulletin 2022. № 2 (25). С. 180-185.

Для обеспечения современных требований по оценке технического состояния зданий существуют специальные методы и средства измерений. Существенное влияние на устойчивость здания оказывает состояние несущих конструктивных элементов и их прочностные характеристики.

Процедура обследований регламентирована ГОСТ 22690-2015 [1] и ГОСТ 17624-2012 [2]. Неразрушающий контроль прочности бетона подразумевает применение механических методов (удар, отрыв, скол, вдавливание) и ультразвукового сканирования. Однако, при выполнении отрыва со скалыванием, возникает множество недостатков в отличии от ультразвуковых методов, например, большая трудоёмкость, невозможность использовать в оценке прочности густоармированных сооружений и сооружений с тонкими стенами, а также вызывает разрушение конструкции.

В настоящее время, для быстрого определения прочностных характеристик бетонных конструкций здания или сооружения лучше всего использовать ультразвуковой метод, который может определить класс прочности бетона на месте проведения исследований [3]. Ультразвуковые приборы неразрушающего контроля бетона могут использоваться не только для контроля прочности бетона, но и для дефектоскопии, контроля качества бетонирования, определения глубины и поиска арматуры в бетоне [4]. Они позволяют многократно проводить массовые испытания изделий любой формы, вести непрерывный контроль нарастания или снижения прочности.

Существует несколько приборов ультразвукового контроля, например, УК-1401 и УК-1401М (модификация), которые применяются при поверхностном прозвучивании [5], А1410 Pulsar применяют при сквозном прозвучивании. Однако, цены у них отличаются: УК 1401 стоит 173 тысячи рублей, УК 1401М -125 тысяч рублей, А1410 Pulsar - 325 тысяч рублей. Наиболее точно и быстро предлагаем определять прочность с помощью ультразвукового прибора «УК-1401М», так как он новее и дешевле. (рис. 1)



Рис.1. Ультразвуковой прибор «УК-1401М»

Данный тестер используется для измерения времени и скорости распространения продольных ультразвуковых колебаний в твёрдых материалах при поверхностном прозвучивании [5]. По полученным данным по скорости прохождения ультразвука с помощью специальной программы оценивается прочность материалов несущих конструктивных элементов здания или сооружения. Такие оценки основаны на корреляции скорости распространения волн в материале с его физико-механическими характеристиками и физическим состоянием.

Например, в г. Ногинск в многоподъездном жилом здании произошел взрыв бытового газа, при котором произошло частичное и полное разрушение плит перекрытий, межкомнатных перегородок, внутренних несущих стен в некоторых квартирах, повреждение лестничных маршей и клеток.

Когда происходит взрыв бытового газа, то конструкции подвергаются не только динамическому воздействию, но и термическому, которое уменьшает прочность и ухудшает характеристики материалов, из которых сделаны конструкции. Так, после взрыва бытового газа, исследования прочности проводится как на поврежденных конструкциях, так и на цельных, не затронутых взрывом. Это нужно для того, чтобы понять, на сколько прочность поврежденных конструкций ниже прочности цельных, не подвергшихся воздействию и какие конструкции необходимо укрепить или полностью заменить, если они являются непригодными для дальнейшей эксплуатации. В конструктивных элементах, которые подверглись термическому воздействию прочность обычно намного меньше, чем в цельных. (табл. 1).

Таблица 1. Результаты ультразвукового обследования железобетонных плит перекрытий в комнате под очагом взрыва

Участок	Значение*			Ср. арифм	Сигма**	0,95***	Прочность МПа
	1	2	3				
Плита перекрытия № 1							
1	4540	4540	4540	4540,00	0,00	4540	45,34
2	4450	4430	4470	4450,00	20,00	4416	43,36
3	4440	4410	4470	4440,00	30,00	4389	42,93
4	4890	4880	4890	4886,67	5,77	4877	50,73
5	4890	4910	4900	4900,00	10,00	4883	50,83
среднее значение							46,64
Плита перекрытия № 2							
1	4700	4690	4700	4696,67	5,77	4687	47,69
2	4680	4920	4840	4813,33	122,20	4607	46,42
3	4810	4790	4630	4743,33	98,66	4577	45,93
4	4800	4850	4830	4826,67	25,17	4784	49,25
5	4720	4840	4790	4783,33	60,28	4682	47,61
среднее значение							47,38
Плита перекрытия № 3							
1	2620	2600	2630	2616,67	15,28	2591	17,98
2	2620	3370	3380	3123,33	435,93	2388	16,57
3	3370	2670	2680	2906,67	401,29	2230	15,46
среднее значение							16,67

* - значения 1, 2, 3 проводились на плите: 1- в верхней ее части; 2-в средней части и 3-в нижней части;

** - сигма –стандартное отклонение;

*** - 0,95- коэффициент Стьюдента

Исходя из данной таблицы, можно сделать вывод прочность железобетонных плит перекрытий имеет разброс значений 15,46 – 50,83 МПа (до 70% от максимума), разброс средних

значений 16,67 – 47,38 МПа, что соответствует классу бетона В12,5 – В35. Также, видно, что две плиты перекрытия целые и не потеряли свои прочностные свойства, а третья плита – поврежденная, и имеет прочность, близкую к предельному значению. По требованиям норм [6], прочность бетонных конструкций принимается не менее 15 МПа.

Так как очагом взрыва является кухня, то прочность плит перекрытий в ней должна быть ниже или близка к предельному значению. Так, плиты, расположенные на кухне, подверглись сильному нагреву (термическому воздействию) в следствии чего, прочность их стала ниже, по сравнению с проектным значением (табл. 2).

Таблица 2. Результаты ультразвукового обследования железобетонных плит перекрытий на кухне в очаге взрыва и коридоре

Участок	значение			Ср. арифм	Сигма	0,95	Прочность МПа
	1	2	3				
Плита перекрытия № 1 (кухня)							
1	3230	3190	3210	3210,00	20,00	3176	23,52
2	3220	3160	3150	3176,67	37,86	3113	22,51
3	3170	3270	3260	3233,33	55,08	3140	22,95
4	2020	2020	2010	2016,67	5,77	2007	13,90
5	1640	1630	1620	1630,00	10,00	1613	11,14
6	1880	1880	1860	1873,33	11,55	1854	12,83
среднее значение							17,81
Плита перекрытия № 2 (кухня)							
1	1570	1570	1580	1573,33	5,77	1564	10,79
2	1580	1590	1590	1586,67	5,77	1577	10,89
3	1590	1600	1580	1590,00	10,00	1573	10,86
4	1440	1417,8140	1440	1440,00	0,00	1440	9,93
среднее значение							10,62
Плита перекрытия № 3 (кухня)							
1	1740	1740	1750	1743,33	5,77	1734	11,98
2	1750	1460	1450	1553,33	170,39	1266	8,71
3	1460	1450	1570	1493,33	66,58	1381	9,52
4	1570	1440	1440	1483,33	75,06	1357	9,35
5	1510	1520	1510	1513,33	5,77	1504	10,37
среднее значение							9,99
Плита перекрытия № 4 (коридор)							
1	5360	5390	5390	5380,00	17,32	5351	58,31
2	5460	4180	4180	4606,67	739,01	3361	26,47
3	4160	4170	4160	4163,33	5,77	4154	39,16
среднее значение							41,31

Для большей наглядности, ниже представлена диаграмма распределения прочностных характеристик плит перекрытий в разных местах квартиры, где находится эпицентр взрыва. (рис. 2)

Прочность плиты перекрытия № 4, расположенной в коридоре можно назвать проектной, так как при взрыве она не подверглась термической обработке. Исходя из таблицы, можно сделать вывод, что прочность плит перекрытий, расположенных на кухне намного ниже проектной и предельной, в следствии чего их необходимо заменить полностью.

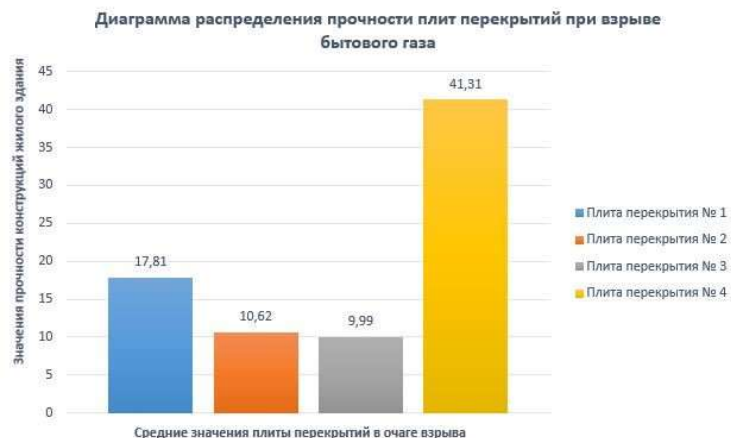


Рис. 1. Диаграмма распределения прочностных характеристик плит перекрытий квартиры в следствии взрыва бытового газа

Вывод: с помощью ультразвуковых исследований можно легко определить какой из конструктивных элементов больше всего подвергся термическому воздействию, вызванным взрывом бытового газа. Также, благодаря тестеру «УК-1401М» можно быстро определить на сколько МПа прочность поврежденных элементов меньше цельных и дать рекомендации по их дальнейшей эксплуатации.

Список источников

1. ГОСТ 22690-2015 Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля (с Поправкой). ГОСТ от 25 сентября 2015 г. № 22690-2015.
2. ГОСТ 17624-2012 Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности (с Поправкой). ГОСТ от 27 декабря 2012 г. № 17624-2012.
3. СП 255.1325800.2016 Здания и сооружения. Правила эксплуатации. Основные положения (с Изменениями N 1, 2). Свод правил от 24 августа 2016 г. № 255.1325800.2016
4. Шахрамьян М.А., Нигметов Г.М., Гайфуллин З.Г., Бабусенко М.С. Методика оценки и сертификации инженерной безопасности зданий и сооружений. - Москва: Федеральный центр науки и высоких технологий "Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций", 2003. - 87 с.
5. Тестер ультразвуковой УК1401М. Руководство по эксплуатации. АПЯС.412231.004 РЭ. - Москва: Акустические контрольные системы, 2011. - 36 с.
6. СП 27.13330.2017 Бетонные и железобетонные конструкции, предназначенные для работы в условиях воздействия повышенных и высоких температур. Актуализированная редакция СНиП 2.03.04-84 (с Изменением N 1). Свод правил от 15 мая 2017 г. № 27.13330.2017.

List of sources

1. State standart 22690-2015 Concrete. Determination of strength by mechanical methods of non-destructive testing (with Correction). State standart of September 25, 2015 No. 22690-2015.
2. State standart 17624-2012 Concrete. Ultrasonic strength determination method (with Correction). State standart of December 27, 2012 No. 17624-2012.
3. SP 255.1325800.2016 Buildings and structures. Operating rules. Main provisions (with Amendments N 1, 2). Code of Rules dated August 24, 2016 No. 255.1325800.2016
4. Shakhramanyan M.A., Nigmatov G.M., Gayfullin Z.G., Babusenko M.S. Methods of assessment and certification of engineering safety of buildings and structures. - Moscow: Federal Center of Science and High Technologies "All-Russian Research Institute for Civil Defense and Emergency Situations", 2003. - 87 p.

5. Ultrasonic tester UK1401M. Operation manual. APYAS.412231.004 RE. - Moscow: Acoustic Control Systems, 2011. - 36 p.

6. SP 27.13330.2017 Concrete and reinforced concrete structures designed to work in conditions in

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 02.03.2022; одобрена после рецензирования 07.06.2022; принята к публикации 30.06.2022.

The article was submitted 02.03.2022, approved after reviewing 07.06.2022, accepted for publication 30.06.2022.