

Формирование таблиц для предварительной оценки несущей способности центрально-нагруженного простенка из каменной кладки с упругой характеристикой $200 \div 750$

Б.К. Джамуев, А.С. Малькова, В.А. Кирпичникова

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Россия

Аннотация: В статье представлены результаты второго этапа исследования по оценке несущей способности погонного метра центрально-нагруженного простенка различной толщины, высоты и прочности из каменной кладки. Второй этап включает в себя исследование простенков из каменной кладки с упругой характеристикой $\alpha=200, 350, 500, 750$ и является логическим продолжением первого этапа, в котором исследовалась кладка с упругой характеристикой $\alpha=1000, 1200, 1500$. Результаты исследования позволяют минимизировать использование программного комплекса для предварительного определения несущей способности центрально-нагруженной каменной конструкции и могут стать частью практического пособия инженеров, занимающихся техническим обследованием и проектированием конструкций из каменной кладки.

Ключевые слова: несущая способность, простенок, каменная конструкция, упругая характеристика кладки, центрально-нагруженный элемент, камень, кирпич, блок, кладочный раствор, коэффициент продольного изгиба, гибкость.

Введение

Как известно, жилищный фонд РФ формировался в различные исторические периоды, однако приблизительно с начала XX века наиболее популярным материалом для возведения вертикальных элементов зданий и сооружений служила каменная кладка, с использованием преимущественно глиняного кирпича пластического формования (в дальнейшем прессования) с размерами $250 \times 120 \times 65$ мм. Со временем появлялись и другие виды каменных материалов: пустотелые керамические кирпичи и камни, силикатные и газосиликатные камни и блоки и т.п. В целом, за период XX века доля зданий с каменными стенами составила порядка две трети объема, и в настоящее время, большую часть местных строительных материалов занимает именно каменная кладка как экономически выгодный материал для возведения зданий и сооружений.

Такое широкое применение каменных материалов в прошлом привело к тому, что большая часть зданий, подлежащие техническому обследованию, выполнены преимущественно с использованием каменной кладки [1-3]. Необходимость в техническом обследовании связана с увеличивающимся с каждым годом объемом зданий и сооружений, требующих ремонта, усиления, иногда реконструкции, обусловленные физическим и моральным износом за столь продолжительный период эксплуатации. Помимо этого, причинами необходимости в обследовании зданий нередко являются [4, 5] ошибки проектирования, использование ненадлежащего качества строительных материалов, стихийные бедствия, ошибки при возведении и т.п.

Одной из задач, которая ставится перед инженером-обследователем для оценки технического состояния конструкции, является определение ее несущей способности [6, 7], которая за время эксплуатации подвергалась различным негативным воздействиям (климатическим, технологическим и т.п.) и получила к моменту обследования ряд дефектов и повреждений, снижающие прочность, долговечность и эксплуатационные качества. Влияние дефектов и повреждений на несущую способность каменных конструкций довольно подробно описаны в отечественных [8-10] и зарубежных работах [11, 12]. Фактическая несущая способность обследуемой конструкции определяется по формуле:

$$N_{ef} = k_{mc} \cdot N_{ult} \quad (1)$$

где k_{mc} – коэффициент снижения несущей способности каменных конструкций, учитывающий следующие факторы: наличие трещин и дефектов; уменьшение расчетного сечения конструкций в результате механических, агрессивных и динамических воздействий, размораживания, пожара, коррозии и т.п.; эксцентриситеты, связанные с отклонением стен, столбов, колонн от вертикали и выпучивание из плоскости; нарушение

конструктивной связи между стенами, колоннами и перекрытиями при образовании трещин, разрывах связей; смещение балок, перемычек и т.д.

N_{ult} – максимальная расчетная продольная сила, при которой произойдет исчерпание несущей способности (кН).

Значение N_{ult} или несущая способность каменных конструкций определяется в соответствии с указаниями СП 15.13330.2020. При этом, зачастую, оперативно определить несущую способность на объекте, например, в полевых условиях, не представляется возможным, из-за привязки к техническому обеспечению для возможности использования программного комплекса.

Таким образом, основной целью исследования, проведенного в лаборатории при кафедре «Железобетонных и каменных конструкций» НИУ МГСУ, является разработка таблиц для ускорения процесса определения несущей способности центрально-нагруженного элемента, выполненного из каменной кладки, с использованием любых видов камней и кладочного раствора, при имеющихся исходных данных: габаритах конструкции и прочности кладки. В настоящей статье представлены результаты расчета несущей способности 720 различных вариаций центрально-нагруженного каменного элемента с различными видами материала камня и раствора, при условии, что упругая характеристика кладки имеет значения $\alpha=200, 350, 500, 750$. Результаты первого этапа исследования, для простенков из кладки с упругой характеристикой $\alpha=1000, 1200, 1500$ опубликованы в [13].

Модели и методы

Целью исследования является формирование таблиц для ускорения процесса определения в полевых условиях несущей способности погонного метра центрально-нагруженного элемента различной толщины, высоты и прочности, выполненного из каменной кладки с упругой характеристикой $\alpha=200, 350, 500, 750$.

Упругая характеристика кладки зависит от вида камня и раствора использованных в кладке, а также от ее прочностных показателей и, учитывается при определении начального модуля деформаций неармированной кладки (модуль упругости) при кратковременном нагружении. Согласно СП 15.13330.2020 наиболее распространенными значениями упругой характеристик кладки являются 200, 350, 500, 750, 1000, 1200, 1500.

Таким образом, на данном этапе исследования объектом является центрально-нагруженный элемент (стена, простенок, колонна), выполненный из каменной кладки, упругая характеристика которой составляет $\alpha=200, 350, 500, 750$ т.е. исследование охватывает следующие виды кладок, прочность которых находится в пределах от 0,1 МПа до 5,0 МПа:

- 1) кирпичная кладка из полнотелого или пустотелого керамического кирпича полусухого прессования на растворах любых марок (от нулевой прочности до марки М200);
- 2) кирпичная кладка из полнотелого или пустотелого силикатного кирпича на растворах любых марок (от нулевой прочности до марки М200);
- 3) кладка из ячеистобетонных камней автоклавного и неавтоклавного твердения на растворах любых марок (от нулевой прочности до марки М200);
- 4) кладка из ячеистобетонных блоков автоклавного и неавтоклавного твердения на растворах любых марок (от нулевой прочности до марки М200);
- 5) кладка из полнотелого и пустотелого керамического кирпича пластического прессования, из пустотелых силикатных камней, из камней, изготовленных из бетона на пористых заполнителях и поризованного, из легких природных камней на растворах от нулевой прочности до марки М10;
- 6) кладка из крупных блоков, изготовленных из бетона на пористых заполнителях и поризованного, крупнопористого бетона на легких

заполнителях, плотного силикатного бетона и из легкого природного камня на растворах от нулевой прочности до марки М10;

7) кладка из керамических камней (кроме крупноформатных) на растворах от нулевой прочности до марки М4;

8) кладка из камней, изготовленных из тяжелого бетона, тяжелых природных камней и бута на растворах от нулевой прочности до марки М4;

9) кладка из крупных блоков, изготовленных из тяжелого и крупнопористого бетона на тяжелых заполнителях и из тяжелого природного камня (плотностью $\geq 1800 \text{ кг/м}^3$) на растворах от нулевой прочности до марки М4.

На рис. 1 представлены размеры объекта исследования (рис. 1а) и схема нагружения (рис. 1б).

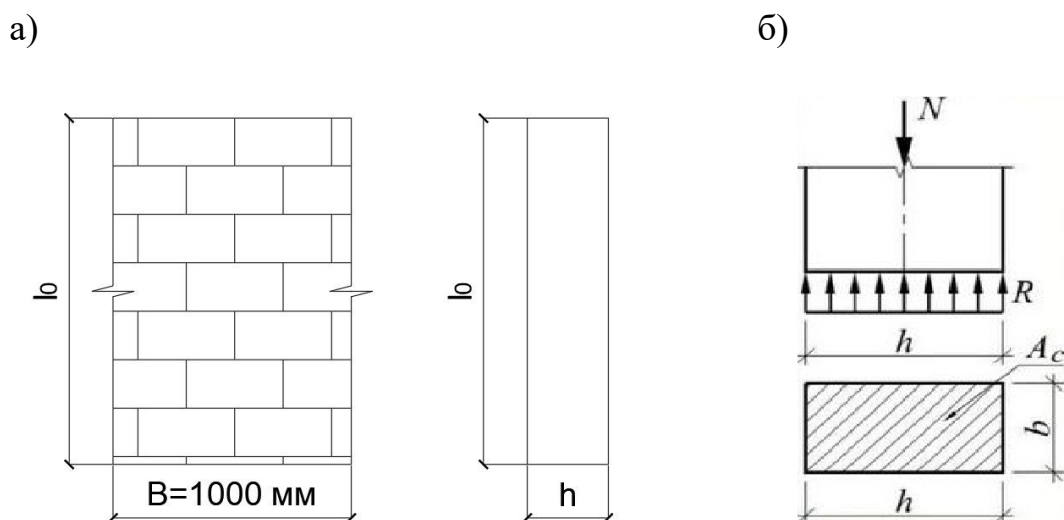


Рис. 1. – Размеры объекта исследования (а) и схема нагружения (б)

В связи с тем, что в данном исследовании участвует кладка, отличающаяся от первого этапа, а также принимая во внимание отсутствие данных о прочности кладки свыше 5,0 МПа в СП 15.13330.2020, таблицы формировались с учетом этих ограничений, т.е. прочность кладки варьируется от 0,1 МПа до 5,0 МПа. При этом, расчетная высота образцов

простенков, как и их толщина, осталась без изменений в сравнении с результатами, изложенными в статье [13].

Величина максимальной расчетной продольной силы, при которой произойдет исчерпание несущей способности в центрально-нагруженном неармированном каменном элементе, определялась согласно п.7.1 СП 15.13330.2020:

$$N_{ult} = m_g \cdot \varphi \cdot R \cdot A, \quad (2)$$

где m_g – коэффициент, учитывающий влияние длительной нагрузки и принимаемый равным единицы, если меньший из двух размеров прямоугольного поперечного сечения элемента ≥ 30 см;

R – расчетное сопротивление сжатию кладки, определяемое по таблицам раздела 6 СП 15.13330.2020 с учетом понижающих коэффициентов и коэффициентов условий работы γ_c (МПа). В исследовании величина расчетного сопротивления кладки варьировалась от 0,1 МПа до 5,0 МПа;

A – площадь поперечного сечения элемента (см²)

φ – коэффициент продольного изгиба.

Значение коэффициента продольного изгиба определялось по таблице 7.1 СП 15.13330.2020 по предварительно найденной величине гибкости и заданной упругой характеристике кладки:

$$\lambda_h = l_0 / h, \quad (3)$$

где l_0 – расчетная высота (длина) элемента, определяемая согласно п.7.3 СП 15.13330.2020, в зависимости от условий опирания на горизонтальные опоры (м). В исследовании расчетная высота элемента варьировалась от 0,1 м до 5,0 м;

h – толщина элемента (м). В рамках исследования использовались толщины элементов кратные размеру кирпича, т.е.: 1,5 (380 мм), 2,0 (510 мм), 2,5 (640 мм), 3,0 (770 мм), 3,5 (900 мм) кирпича.

Результаты исследования

В соответствии с целью исследования была определена несущая способность различных вариаций центрально-нагруженного каменного элемента. Результаты расчета каменной кладки приведены в таблицах 1÷4. Промежуточные значения следует определять путем линейного интерполирования.

Таблица № 1

Несущая способность погонного метра (кН) центрально-нагруженного каменного простенка при упругой характеристике кладки $\alpha=200$

<i>при толщине кладки – 1,5 кирпича (380 мм)</i>						
$l_0, \text{ м}$ $R, \text{ МПа}$	0,1	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
0,1	34,2	34,2	32	26,8	21,9	17,6
1,0	342	342	320,4	268,2	219	176,2
2,0	684	684	640,8	536,4	438	352,4
3,0	1026	1026	961,2	804,6	657	528,6
4,0	1368	1368	1281,6	1072,8	876	704,8
5,0	1710	1710	1602	1341	1095	881
<i>при толщине кладки – 2 кирпича (510 мм)</i>						
$l_0, \text{ м}$ $R, \text{ МПа}$	0,1	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
0,1	45,9	45,9	45,9	41,6	36,1	31,1
1,0	459	459	459	415,8	361,4	311
2,0	918	918	918	831,6	722,8	622
3,0	1377	1377	1377	1247,4	1084,2	933
4,0	1836	1836	1836	1663,2	1445,6	1244
5,0	2295	2295	2295	2079	1807	1555
<i>при толщине кладки – 2,5 кирпича (640 мм)</i>						
$l_0, \text{ м}$ $R, \text{ МПа}$	0,1	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
0,1	57,6	57,6	57,6	55,6	51	45,5
1,0	576	576	576	556,2	509,6	454,6
2,0	1152	1152	1152	1112,4	1019,2	909,2
3,0	1728	1728	1728	1668,6	1528,8	1363,8
4,0	2304	2304	2304	2224,8	2038,4	1818,4
5,0	2880	2880	2880	2781	2548	2273

Таблица № 1 (продолжение)

<i>при толщине кладки – 3 кирпича (770 мм)</i>						
$l_0, \text{м}$ $R, \text{МПа}$	0,1	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
0,1	69,3	69,3	69,3	69,3	65,2	60,3
1,0	693	693	693	693	651,6	602,8
2,0	1386	1386	1386	1386	1303,2	1205,6
3,0	2079	2079	2079	2079	1954,8	1808,4
4,0	2772	2772	2772	2772	2606,4	2411,2
5,0	3465	3465	3465	3465	3258	3014
<i>при толщине кладки – 3,5 кирпича (900 мм)</i>						
$l_0, \text{м}$ $R, \text{МПа}$	0,1	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
0,1	81	81	81	81	79,2	74,7
1,0	810	810	810	810	792	747
2,0	1620	1620	1620	1620	1584	1494
3,0	2430	2430	2430	2430	2376	2241
4,0	3240	3240	3240	3240	3168	2988
5,0	4050	4050	4050	4050	3960	3745

Таблица № 2

Несущая способность погонного метра (кН) центрально-нагруженного
каменного простенка при упругой характеристике кладки $\alpha=350$

<i>при толщине кладки – 1,5 кирпича (380 мм)</i>						
$l_0, \text{м}$ $R, \text{МПа}$	0,1	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
0,1	35,7	35,7	34,3	30,6	26,6	22,8
1,0	357,2	357,2	342,8	305,6	265,6	227,8
2,0	714,4	714,4	685,6	611,2	531,2	455,6
3,0	1071,6	1071,6	1028,4	916,8	796,8	683,4
4,0	1428,8	1428,8	1371,2	1222,4	1062,4	911,2
5,0	1786	1786	1714	1528	1328	1139

Таблица № 2 (продолжение)

<i>при толщине кладки – 2 кирпича (510 мм)</i>						
$\begin{matrix} l_0, \text{ м} \\ R, \text{ МПа} \end{matrix}$	0,1	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
0,1	47,9	47,9	47,9	45,1	41,1	37,1
1,0	479,4	479,4	479,4	450,6	411,2	371,2
2,0	958,8	958,8	958,8	901,2	822,4	742,4
3,0	1438,2	1438,2	1438,2	1351,8	1233,6	1113,6
4,0	1917,6	1917,6	1917,6	1802,4	1644,8	1484,8
5,0	2397	2397	2397	2253	2056	1856
<i>при толщине кладки – 2,5 кирпича (640 мм)</i>						
$\begin{matrix} l_0, \text{ м} \\ R, \text{ МПа} \end{matrix}$	0,1	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
0,1	60,2	60,2	60,2	58,8	55,7	51,7
1,0	601,6	601,6	601,6	588,4	556,8	516,8
2,0	1203,2	1203,2	1203,2	1176,8	1113,6	1033,6
3,0	1804,8	1804,8	1804,8	1765,2	1670,4	1550,4
4,0	2406,4	2406,4	2406,4	2353,6	2227,2	2067,2
5,0	3008	3008	3008	2942	2784	2584
<i>при толщине кладки – 3 кирпича (770 мм)</i>						
$\begin{matrix} l_0, \text{ м} \\ R, \text{ МПа} \end{matrix}$	0,1	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
0,1	72,4	72,4	72,4	72,4	69,6	66,2
1,0	723,8	723,8	723,8	723,8	696,2	662,4
2,0	1447,6	1447,6	1447,6	1447,6	1392,4	1324,8
3,0	2171,4	2171,4	2171,4	2171,4	2088,6	1987,2
4,0	2895,2	2895,2	2895,2	2895,2	2784,8	2649,6
5,0	3619	3619	3619	3619	3481	3312
<i>при толщине кладки – 3,5 кирпича (900 мм)</i>						
$\begin{matrix} l_0, \text{ м} \\ R, \text{ МПа} \end{matrix}$	0,1	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
0,1	84,6	84,6	84,6	84,6	83,4	80,4
1,0	846	846	846	846	834	804
2,0	1692	1692	1692	1692	1668	1608
3,0	2538	2538	2538	2538	2502	2412
4,0	3384	3384	3384	3384	3336	3216
5,0	4230	4230	4230	4230	4170	4020

Таблица № 3

Несущая способность погонного метра (кН) центрально-нагруженного
каменного простенка при упругой характеристике кладки $\alpha=500$

<i>при толщине кладки – 1,5 кирпича (380 мм)</i>						
$l_0, \text{ м}$ $R, \text{ МПа}$	0,1	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
0,1	37,2	37,2	35,6	32,4	29,3	26
1,0	372,4	372,4	355,6	324,2	293,2	260,4
2,0	744,8	744,8	711,2	648,4	586,4	520,8
3,0	1117,2	1117,2	1066,8	972,6	879,6	781,2
4,0	1489,6	1489,6	1422,4	1296,8	1172,8	1041,6
5,0	1862	1862	1778	1621	1466	1302
<i>при толщине кладки – 2 кирпича (510 мм)</i>						
$l_0, \text{ м}$ $R, \text{ МПа}$	0,1	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
0,1	50	50	50	46,6	43,6	40,6
1,0	499,8	499,8	499,8	466,2	435,9	405,9
2,0	999,6	999,6	999,6	932,4	871,8	811,8
3,0	1499,4	1499,4	1499,4	1398,6	1307,7	1217,7
4,0	1999,2	1999,2	1999,2	1864,8	1743,6	1623,6
5,0	2499	2499	2499	2331	2179,5	2029,5
<i>при толщине кладки – 2,5 кирпича (640 мм)</i>						
$l_0, \text{ м}$ $R, \text{ МПа}$	0,1	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
0,1	62,7	62,7	62,7	61,2	57,8	54,8
1,0	627,2	627,2	627,2	611,8	577,6	547,6
2,0	1254,4	1254,4	1254,4	1223,6	1155,2	1095,2
3,0	1881,6	1881,6	1881,6	1835,4	1732,8	1642,8
4,0	2508,8	2508,8	2508,8	2447,2	2310,4	2190,4
5,0	3136	3136	3136	3059	2888	2738
<i>при толщине кладки – 3 кирпича (770 мм)</i>						
$l_0, \text{ м}$ $R, \text{ МПа}$	0,1	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
0,1	75,5	75,5	75,5	75,5	72,2	68,9
1,0	754,6	754,6	754,6	754,6	722,4	689,3
2,0	1509,2	1509,2	1509,2	1509,2	1444,8	1378,6
3,0	2263,8	2263,8	2263,8	2263,8	2167,2	2067,9
4,0	3018,4	3018,4	3018,4	3018,4	2889,6	2757,2
5,0	3773	3773	3773	3773	3612	3446,5

Таблица № 3 (продолжение)

<i>при толщине кладки – 3,5 кирпича (900 мм)</i>						
$l_0, \text{ м}$ $R, \text{ МПа}$	0,1	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
0,1	88,2	88,2	88,2	88,2	86,8	83,3
1,0	882	882	882	882	868	833
2,0	1764	1764	1764	1764	1736	1666
3,0	2646	2646	2646	2646	2604	2499
4,0	3528	3528	3528	3528	3472	3332
5,0	4410	4410	4410	4410	4340	4165

Таблица № 4

Несущая способность погонного метра (кН) центрально-нагруженного
каменного простенка при упругой характеристике кладки $\alpha=750$

<i>при толщине кладки – 1,5 кирпича (380 мм)</i>						
$l_0, \text{ м}$ $R, \text{ МПа}$	0,1	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
0,1	38	38	36,8	34,3	31,4	28,7
1,0	380	380	368	343	314,2	287
2,0	760	760	736	686	628,4	574
3,0	1140	1140	1104	1029	942,6	861
4,0	1520	1520	1472	1372	1256,8	1148
5,0	1900	1900	1840	1715	1571	1435
<i>при толщине кладки – 2 кирпича (510 мм)</i>						
$l_0, \text{ м}$ $R, \text{ МПа}$	0,1	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
0,1	51	51	51	48,6	46,1	43,1
1,0	510	510	510	486	461	431,4
2,0	1020	1020	1020	972	922	862,8
3,0	1530	1530	1530	1458	1383	1294,2
4,0	2040	2040	2040	1944	1844	1725,6
5,0	2550	2550	2550	2430	2305	2157

Таблица № 4 (продолжение)

<i>при толщине кладки – 2,5 кирпича (640 мм)</i>						
$l_0, \text{ м}$ $R, \text{ МПа}$	0,1	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
0,1	64	64	64	62,9	60,4	57,9
1,0	640	640	640	629	604	579
2,0	1280	1280	1280	1258	1208	1158
3,0	1920	1920	1920	1887	1812	1737
4,0	2560	2560	2560	2516	2416	2316
5,0	3200	3200	3200	3145	3020	2895
<i>при толщине кладки – 3 кирпича (770 мм)</i>						
$l_0, \text{ м}$ $R, \text{ МПа}$	0,1	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
0,1	77	77	77	77	74,7	72,2
1,0	770	770	770	770	747	722
2,0	1540	1540	1540	1540	1494	1444
3,0	2310	2310	2310	2310	2241	2166
4,0	3080	3080	3080	3080	2988	2888
5,0	3850	3850	3850	3850	3735	3610
<i>при толщине кладки – 3,5 кирпича (900 мм)</i>						
$l_0, \text{ м}$ $R, \text{ МПа}$	0,1	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
0,1	90	90	90	90	89	86,5
1,0	900	900	900	900	890	865
2,0	1800	1800	1800	1800	1780	1730
3,0	2700	2700	2700	2700	2670	2595
4,0	3600	3600	3600	3600	3560	3460
5,0	4500	4500	4500	4500	4450	4325

Выводы

1. В процессе исследования определена несущая способность 720 различных вариаций центрально-нагруженного каменного простенка, выполненного из различных видов камня и раствора с упругой характеристикой $\alpha=200, 350, 500, 500$.

2. Дополнены, сформированные по результатам первого этапа исследования [13] таблицы, необходимые для ускоренного определения

несущей способности погонного метра центрально-нагруженного элемента, выполненного из каменной кладки, при имеющихся исходных данных (габаритах конструкции и прочности кладки). Таким образом, сформированные таблицы охватывают весь спектр разновидностей кладок с упругой характеристикой от $\alpha=250$ до $\alpha=1500$.

3. Сформированные табличные данные позволяют минимизировать необходимость использование программного комплекса, а в отдельных случаях практически полностью отказаться от него, что в конечном итоге сокращает время подготовки расчетного раздела отчетной документации.

4. В купе с результатами первого этапа исследования [13], данные полученные в настоящей работе могут стать частью практического пособия инженеров, занимающихся техническим обследованием и проектированием конструкций из каменной кладки,

Литература

1. Бедов А.И., Щепетьева Т.А. Проектирование каменных и армокаменных конструкций. Москва. АСВ. 2003. 240 с.
2. Соколов Б.С., Антаков А.Б. Исследования каменных и армокаменных конструкций. Казань: КазГАСУ. 2009. 115 с.
3. Шилин А.А. Кирпичные и каменные конструкции. Повреждения и ремонт. Москва. Горная книга. 2009 г. 214 с.
4. Козачек В.Г., Нечаев Н.В., Нотенко С.Н., Римшин В.И., Ройтман А.Г. Обследование и испытание зданий и сооружений. Учебное пособие для вузов. Москва. Высшая школа. 2004. 447 с.
5. Свирский М.Н., Бочкарева Т.М. Анализ причин возникновения дефектов каменной кладки // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. 2018. Т.1. С. 186-189.
6. Бедов А.И., Знаменский В.В., Габитов А.И. Оценка технического состояния, восстановление и усиление оснований и строительных конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений. Москва. АСВ. 2014. 704 с.
7. Деркач В.Н., Жерносек Н.М. Методы оценки прочности каменной кладки, в отечественной и зарубежной практике обследования зданий и сооружений // Вестник Белорусско-Российского университета. 2010. №3. С. 135-143.
8. Бедов А.И., Габитов А.И. Проектирование, восстановление и усиление каменных и армокаменных конструкций: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальностям «Промышленное и гражданское строительство», «Городское строительство и хозяйство», «Гидротехническое строительство», «Проектирование зданий» направления подготовки «Строительство». Москва. Уфимский государственный нефтяной технический университет. 2017. 568 с.

9. Рекомендации по обследованию и оценке технического состояния крупнопанельных и каменных зданий. Москва. ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. 1987. 37 с.

10. Пособие по обследованию строительных конструкций здания. Москва. ЦНИИПромзданий. 1997. 128 с.

11. Aşıkoğlu A., Vasconcelos G., Lourenço P.B., Pantò B. Pushover analysis of unreinforced irregular masonry buildings: Lessons from different modeling approaches // Engineering Structures. 2020. Vol.218. URL: doi.org/10.1016/j.engstruct.2020.110830.

12. Gregori Amedeo, Mercuri Micaela, Angiolilli Michele, Pathirage Madura. Simulating defects in brick masonry panels subjected to compressive loads // Engineering Structures. 2022. Vol.263. URL: doi.org/10.1016/j.engstruct.2022.114333.

13. Джамуев Б.К., Малькова А.С., Кирпичникова В.А. Формирование таблиц для предварительной оценки несущей способности центрально-нагруженного простенка из каменной кладки с упругой характеристикой 1000, 1200 и 1500 // Инженерный вестник Дона. 2025. №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2025/9882.

References

1. Bedov A.I., Shchepetieva T.A. Proektirovanie kamennyh i armokamennyh konstrukcij [Design of Masonry and Reinforced Masonry Structures]. Moskva. ASV. 2003. 240 p.

2. Sokolov B.S., Antakov A.B. Issledovaniya kamennykh i armokamennykh konstruktsiy [Research of stone and reinforced stone structures]. Kazan. KazGASU. 2009. 115 p.

3. Shilin A.A. Kirpichnyye i kamennyye konstruktsii. Povrezhdeniya i remont [Brick and stone structures. Damages and repairs]. Moskva. Gornaya kniga. 2009. 214 p.

4. Kozachek V.G., Nechayev N.V., Notenko S.N., Rimshin V.I., Roytman A.G. Obsledovaniye i ispytaniye zdaniy i sooruzheniy [Inspection and testing of buildings and structures]. Uchebnoye posobiye dlya vuzov. Moskva. Vysshaya shkola. 2004. 447 p.
5. Svirskiy M.N., Bochkareva T.M. Modernizatsiya i nauchnyye issledovaniya v transportnom komplekse. 2018. T.1. pp. 186-189.
6. Bedov A.I., Znamensky V.V., Gabitov A.I. Ocenka tehniceskogo sostojaniya, vosstanovlenie i usilenie osnovanij i stroitel'nyh konstrukcij jekspluatiruemyh zdaniy i sooruzhenij [Assessment of the Technical Condition, Restoration and Strengthening of Foundations and Building Structures of Operated Buildings and Structures]. Moskva .ASV. 2014. 704 p.
7. Derkach V.N., Zhernosek N.M. Vestnik Belorussko-Rossijskogo universiteta. 2010. №3. pp. 135-143.
8. Bedov A.I., Gabitov A.I.. Proektirovanie, vosstanovlenie i usilenie kamennyh i armokamennyh konstrukcij [Design, Restoration and Strengthening of Masonry and Reinforced Masonry Structures]. Moskva. Ufimskij gosudarstvennyj neftjanij tehniceskij universitet. 2017. 568 p.
9. Rekomendacii po obsledovaniyu i ocenke tehniceskogo sostojaniya krupnopanel'nyh i kamennyh zdaniy [Recommendations for the Survey and Assessment of the Technical Condition of Large-Panel and Masonry Buildings]. Moskva. CNIISK im. V.A. Kucherenko. 1987. 37 p.
10. Posobiye po obsledovaniyu stroitel'nykh konstruktsiy zdaniya [Manual for the inspection of building structures]. Moskva. TSNIIpromzdaniy. 1997. 128 p.
11. Aşıkoğlu A., Vasconcelos G., Lourenço P.B., Pantò B. Engineering Structures. 2020. Vol.218. URL: doi.org/10.1016/j.engstruct.2020.110830.
12. Gregori Amedeo, Mercuri Micaela, Angiolilli Michele, Pathirage Madura. Simulating defects in brick masonry panels subjected to compressive loads //



Engineering Structures. 2022. Vol.263. URL:
doi.org/10.1016/j.engstruct.2022.114333.

13. Dzhamuev B.K., Malkova A.S., Kirpichnikova V.A. Inzhenernyj vestnik Dona. 2025. №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2025/9882.

Дата поступления: 11.04.25

Дата публикации: 25.05.25