

ВЛИЯНИЕ СЕТЧАТОГО АРМИРОВАНИЯ НА ПРОЧНОСТЬ И ДЕФОРМАТИВНОСТЬ КЛАДКИ ИЗ ПРИРОДНОГО КАМНЯ

С.В. Макаров к.т.н. профессор (Одесская государственная академия строительства и архитектуры)

Приведены результаты исследований кладки из камня-ракушечника, усиленный прямоугольными сетками с различным процентом армирования, на центральное сжатие.

Сетчатое поперечное армирование применяют для увеличения несущей способности сжатых элементов. Кроме увеличения несущей способности армирование обеспечивает совместную работу отдельных частей здания, значительно повышает сейсмическую стойкость каменных конструкций. Как правило, сетчатое армирование применяют в сжатых элементах из кирпича и керамических камней. В районах, где традиционно в строительстве в больших объёмах применяют пильный известняк-ракушечник средней прочности также для увеличения несущей способности кладки целесообразно использовать сетчатое армирование.

Установлено, что сетки, заложенные в швы кладки, препятствуют развитию поперечных деформаций и воспринимают на себя растягивающие усилия, которые являются одной из основных причин разрушения каменной кладки, что подтверждено приведёнными опытами.

Образцы кладки, предназначенные для испытаний изготавливались из камня-известняка Алексеевского месторождения (Одесская область) и Криковского (Молдова). Прочность камня марки 50 размером 390·190·158 мм и раствора марки 25. Армирование образцов производилось сварными сетками из проволоки класса Вр-1 диаметром 5 мм с размерами ячеек 12·12; 6·6; 3·3 см. По высоте сетки располагались: через один ряд кладки, либо через два ряда. Образцы кладки принимались размером $b \cdot l \cdot h = 390 \cdot 980 \cdot 1220$ мм.

Образцы кладки испытывались на центральное сжатие при достижении проектной прочности раствора, т.е. на 28 суток. Для замера деформации на образцах устанавливалось 6 индикаторов часового типа с точностью 0,01 попарно на каждой длинной стороне и по одному на торцах. Нагрузка на образцы подавалась ступенями, равными 0,1 от разрушающей нагрузки с интервалом 5 минут.

Изготавливалось по 2 образца кладки на каждый процент армирования.

Результаты испытаний сведены в таблице 1.

Таблица 1

Прочностные показатели армированных кладок при различных процентах армирования

№ п/п	прочность камня R_1 , МПа (кг/см ²)	Прочность раствора R_2 , МПа (кг/см ²)	Размер ячеек сеток С, см	Расстояние между сетками по высоте образца S, см	Процент армирования p, %	Предел прочности армированной кладки $R_{ар}$ МПа (кг/см ²) (нормативное сопротивление)	Предел прочности не армированной кладки R^n МПа (кг/см ²) (нормативное сопротивление)	Процент отклонения
1	5(50)	2,3(23)	12	40	0,082	2,52(25,2)	2,48(24,8)	10,0
2	5(50)	2,9(29)	6	40	0,164	3,04(30,4)	2,6(26,0)	15,0
3	5(50)	2,35(23,5)	3	40	0,33	3,24(32,4)	2,52(25,2)	28,1
4	5(50)	3,2(32)	3	20	0,65	3,72(37,2)	2,7(27,0)	37,7

Как видно из таблицы с увеличением процента армирования, увеличивается прочность кладки.

Характер разрушения образцов, как и в кладке из кирпича, отличается от характера разрушения неармированной кладки появление первых трещин зафиксировано при напряжениях появления первых трещин зафиксировано при напряжениях $0,75 R_{ар}$, тогда как в неармированных кладках первые трещины появляются при напряжениях $0,65 R^n$.

Первые трещины, как и в неармированной кладке, появляются в отдельных камнях, но дальнейшее их развитие преграждается сетками. С увеличением нагрузки возникают косые трещины, выкалываются лещадки на поверхности камня и при достижении предельной нагрузки происходит раздавливание отдельных камней и полное разрушение образца. При этом расслоение образцов на отдельные столбики не происходит, как это наблюдалось в неармированной кладке.

Как отмечалось выше, во время испытаний замерялись деформации кладки для определения характера их развития и предельных

значений, а также модуля деформаций E_A и упругой характеристики α_A .

Обработанные результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Деформативные свойства армированной кладки

№ п/п	Камень R_1 , МПа (кг/см ²)	Раствор R_2 , МПа (кг/см ²)	% ар мирования	α_A по опытам	E_{0A} по опытам	α по опытам для неармированной кладки	E_0 по опытам для неармированной кладки, МПа	% отклонения E_{0A} от E_0 неармированной кладки
1	5(50)	2,3(23)	0,082	1560	39000	1960	47400	-17,8
2	5(50)	2,9(29)	0,164	1300	39000	1960	47400	-17,8
3	5(50)	2,35(23,5)	0,33	1150	37400	1960	47000	-21,0
4	5(50)	3,2(32)	0,65	950	36000	1960	47000	-24,0

Как видно из таблицы 2 модуль деформации кладки E_{0A} несколько ниже, чем в обычной кладке из материалов аналогичной прочности. Изменяется и упругая характеристика α_A в зависимости от процента армирования.

Из рисунка 1 и 2 наглядно видно влияние процента армирования на прочностные и деформативные свойства армированной кладки из натуральных камней средней прочности.

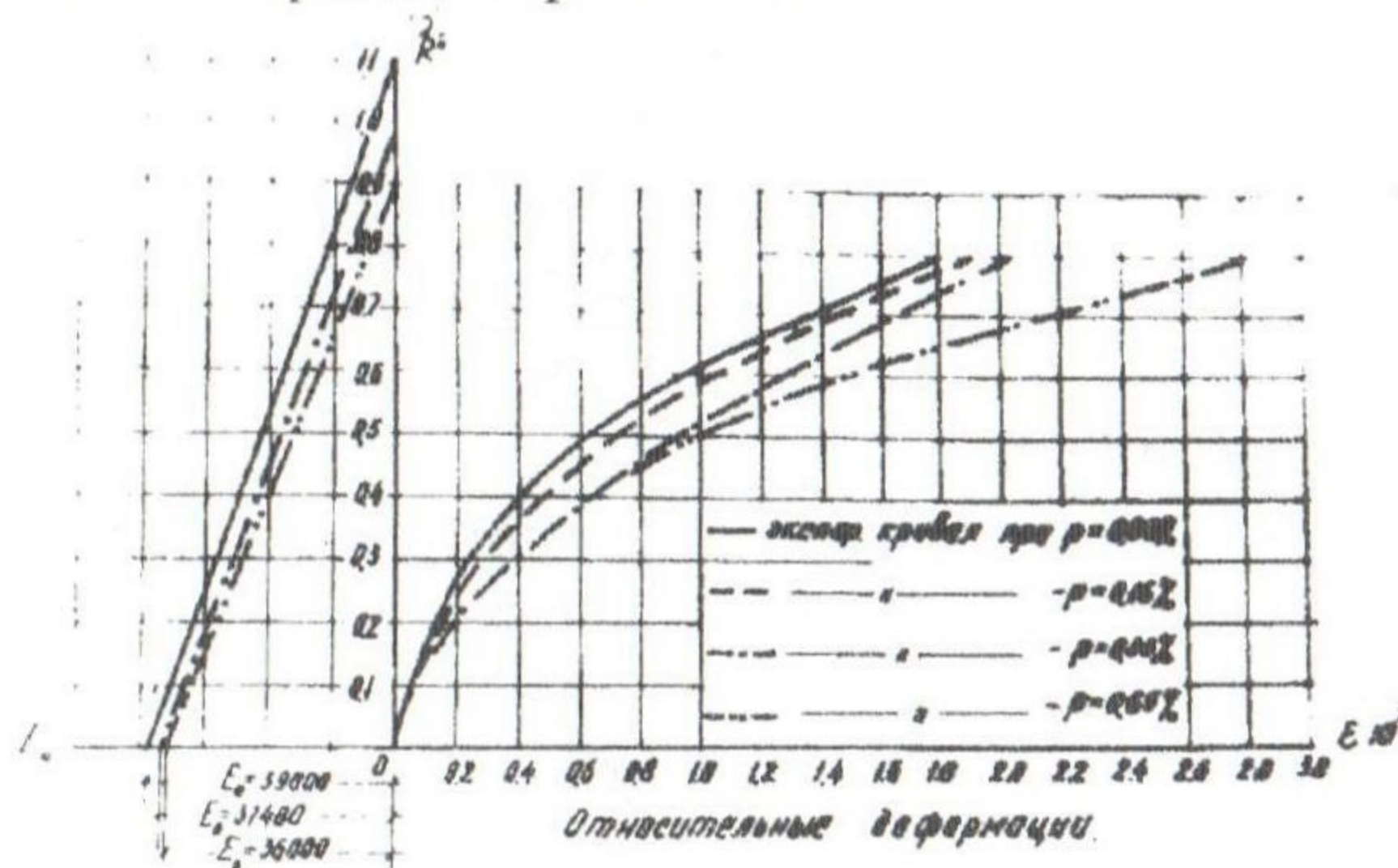


Рис. 1.

- а) Рост прочности кладки в зависимости от процента армирования
- б) прочность кладки по опытам и скорректированной формуле
- в) снижение значения начального модуля деформации кладки в зависимости от процента армирования
- г) снижение значения начального модуля деформации кладки в зависимости от упругой характеристики кладки

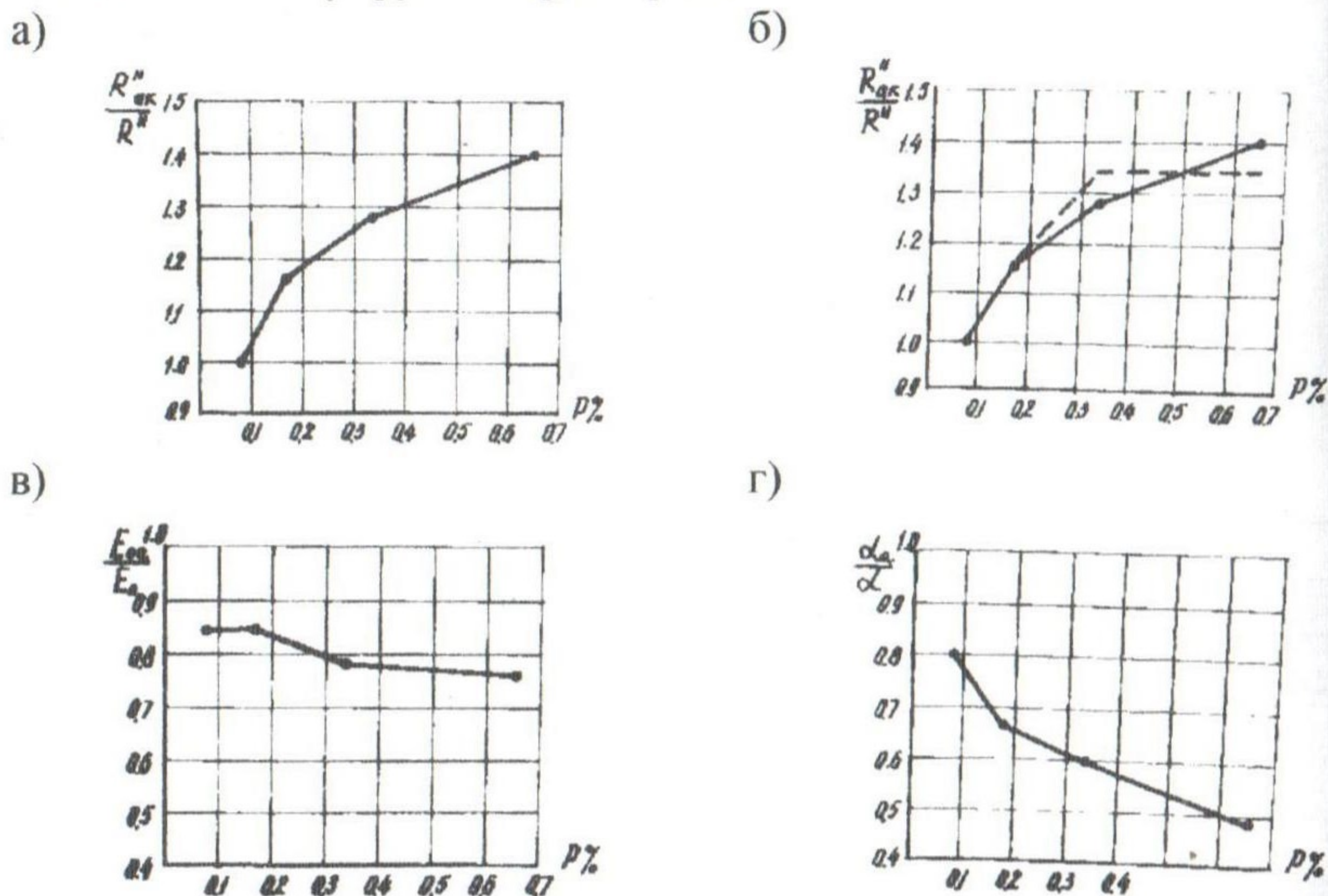


Рис. 2. График зависимости относительных деформаций и начального модуля деформаций армированных кладок

В СНиП рекомендуется армировать кладки с высотой ряда не более 15 см, поэтому формула для определения прочности армированной кладки из известняка-ракушечника средней прочности несколько не соответствует полученным опытными данным.

В формуле

$$R_{АН}^П = R^П + \frac{2R_{sscr}P}{100} \quad (1)$$

при замене коэффициента 2 на 1,75 полученные данные хорошо совпадают с опытными (рис. 1). Для более точного определения прочности из обыкновенных камней средней прочности, необходимо дополнительные исследования. Опытные исследования упругой характеристики α_A хорошо совпадают с данными, полученными по формуле СНиП II-22-81

$$\alpha_A = \alpha \frac{R^{\Pi}}{R_{АП}^{\Pi}}$$

Относительные деформации (рис. 2) также возрастают с увеличением процента армирования и они отличаются от деформации неармированных кладок до 30-40%.

Выводы:

1. Существенное повышение прочности и трещиностойкости сетчатоармированной кладки при центральном сжатии наблюдается при увеличении процента армирования до 0,6.
2. Линейная зависимость между модулями деформации и напряжения в армированных кладках имеет место только вначале нагружения, т.е. до 0,25, далее кривые изгибаются в сторону оси напряжений. Относительные деформации армированной плиты отличаются до 30-40 % в большую сторону по сравнению с деформациями неармированной кладки.
3. Особенностью армированной кладки является изменение модуля деформации в зависимости от процента армирования. С увеличением процента армирования величина модуля деформаций уменьшается, соответственно уменьшается величина упругой характеристики.
4. Для определения величины модуля деформаций и упругой характеристики рекомендуется пользоваться формулами СНиП-II-22-81. Величину условного предела текучести рекомендуется принимать постоянной и равной $\bar{R} = 1,1R^n$.

Литература.

1. С.В. Поляков, Б.Н. Фаевич. «Проектирование каменных и крупнопанельных конструкций», Высшая школа, М., 1966, с. 122.
2. Каменные и армокаменные конструкции. под редакцией Л.П. Полякова, издательство «Высшая школа», К., 1980.
3. В.А. Косейко. Исследование прочности и деформаций армокаменных конструкций., Стройиздат, М., 1950.
4. В.М. Келдыш, А.А. Кальницкий. Пособие по проектированию., Стройиздат, М., 1949.
5. СНиП-II-22-81 «каменные и армокаменные конструкции», М., 1995.