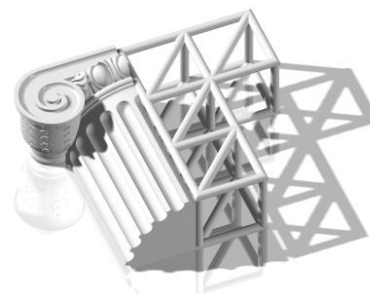


**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра железобетонных и каменных конструкций



**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к выполнению лабораторных работ №7-9 по проведению испытаний конструкций

дисциплина: «Эксплуатация и реконструкция сооружений»  
специальность 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений»

Казань 2015

УДК 624.012

ББК 38.53

П 12

П12 Методические указания к выполнению лабораторных работ №7-9 по проведению испытаний конструкций  
дисциплина: «Эксплуатация и реконструкция сооружений»  
специальность 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений» / сост. В.В. Павлов, – Казань: КГАСУ,  
каф. ЖБиКК, 2015. – 20с.

Рецензент

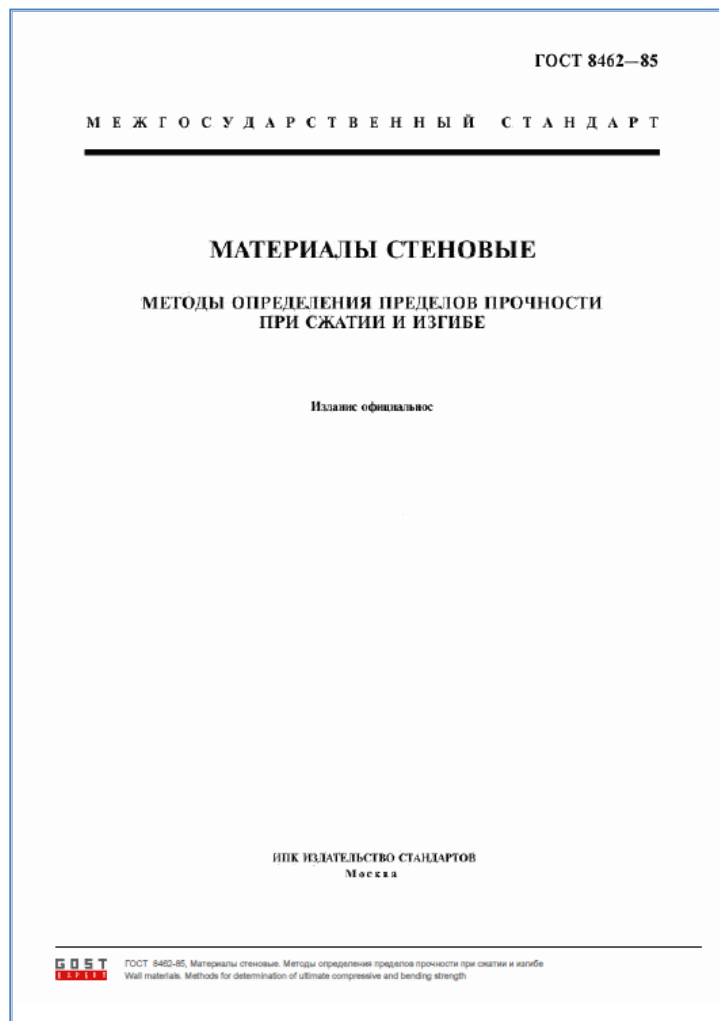
Кандидат технических наук, профессор кафедры  
МКиИС КГАСУ Шмелев Г.Н.

Цель работы – ознакомление с методами определения прочностных характеристик кирпича и других стеновых материалов

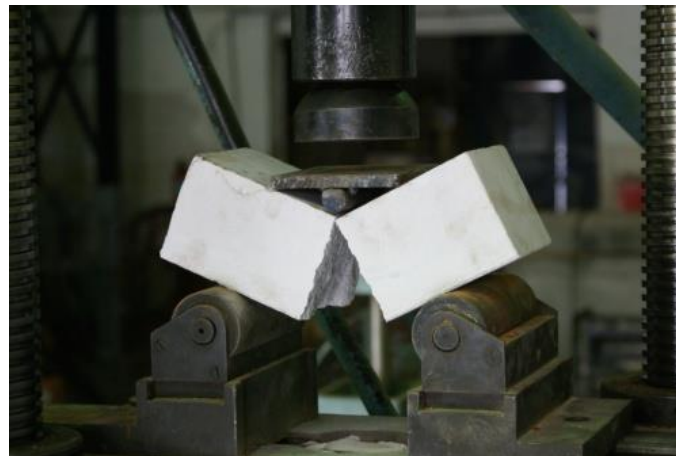
Задачи:

- ознакомление с нормативными требованиями;
- ознакомление с методами определения прочности кирпича на изгиб и срез;
- обработка результатов измерений по индивидуальным данным;
- ответы на контрольные вопросы по тематике работы.

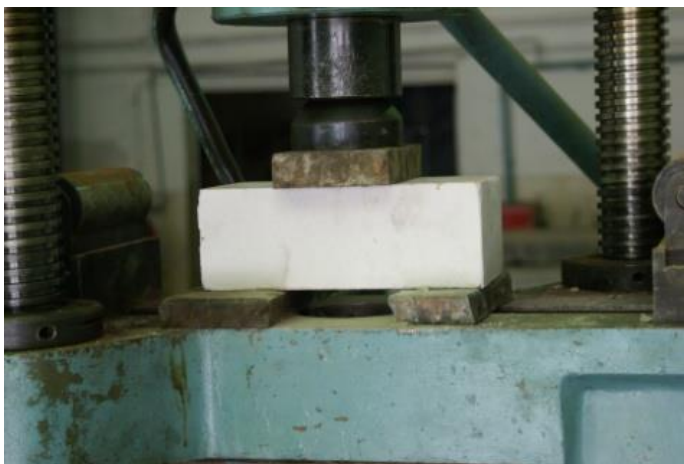
# Ознакомление с нормативными требованиями – ГОСТ 8462-85



# Ознакомление с методами испытаний

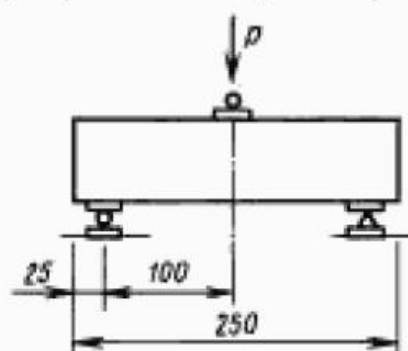


Испытание силикатного кирпича на изгиб



Испытание силикатного кирпича на срез

### Схема испытания кирпича на изгиб



3.3.1. Предел прочности при изгибе  $R_{изг}$ , МПа ( $\text{кгс}/\text{см}^2$ ), образца вычисляют по формуле

$$R_{изг} = \frac{3Pl}{2bh^2}, \quad (2)$$

где  $P$  — наибольшая нагрузка, установленная при испытании образца, МН ( $\text{кгс}$ );

$l$  — расстояние между осями опор, м ( $\text{см}$ );

$b$  — ширина образца, м ( $\text{см}$ );

$h$  — высота образца посередине пролета без выравнивающего слоя, м ( $\text{см}$ ).

Предел прочности при изгибе образцов в партии вычисляют с точностью до 0,05 МПа ( $0,5 \text{ кгс}/\text{см}^2$ ) как среднее арифметическое значение результатов испытаний установленного числа образцов.

# Обработка результатов испытаний образцов на изгиб по индивидуальным данным

Индивидуальный номер варианта по списку группы	Высота кирпича, см	Величины разрушающих усилий $P_u$ , кН
1	6,5	1,5, 1,2, 1,35
2	8,8	1,4, 1,5, 1,75
3	13,2	1,62, 1,5, 1,85
4	8,8	1,1, 1,34, 1,51
5	6,5	1,3, 1,6, 1,5
6	6,5	1,5, 1,4, 1,35
7	8,8	1,4, 1,72, 1,75
8	13,2	1,65, 1,5, 1,75
9	8,8	1,2, 1,54, 1,51
10	6,5	1,4, 1,6, 1,7
11	6,5	1,5, 1,2, 1,35
12	8,8	1,4, 1,5, 1,75
13	13,2	1,62, 1,5, 1,85
14	8,8	1,1, 1,34, 1,51
15	6,5	1,3, 1,6, 1,5
16	6,5	1,5, 1,4, 1,35
17	8,8	1,4, 1,72, 1,75
18	13,2	1,65, 1,5, 1,75
19	8,8	1,2, 1,54, 1,51
20	6,5	1,4, 1,6, 1,7
21	8,8	1,4, 1,5, 1,75
22	13,2	1,62, 1,5, 1,85
23	8,8	1,1, 1,34, 1,51
24	6,5	1,3, 1,6, 1,5
25	6,5	1,5, 1,4, 1,35

Необходимо выполнить определение прочности кирпича на изгиб

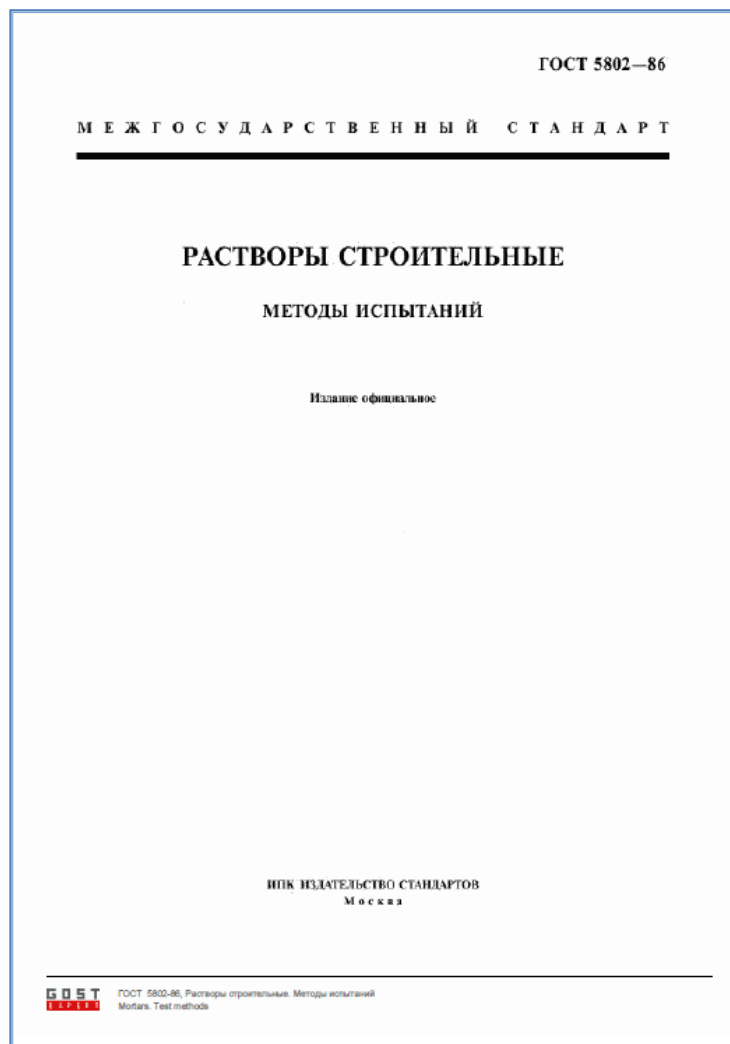
Цель работы – ознакомление с методами определения прочностных характеристик кладочного раствора

Задачи:

- ознакомление с нормативными требованиями;
- ознакомление с методами определения прочности раствора;
- обработка результатов измерений по индивидуальным данным;
- ответы на контрольные вопросы по тематике работы.



# Ознакомление с нормативными требованиями – ГОСТ 5802-86



# Испытательное оборудование



Испытание образца в гидравлическом прессе



Современная испытательная машина

# Проведение испытаний



Испытание образца раствора на сжатие



Шкала силоизмерителя прессы



Характер разрушения опытного образца

# Обработка результатов испытаний образцов по индивидуальным данным

Индивидуальный номер варианта по списку группы	Величины разрушающих усилий $N_u$ , кН
1	50, 75, 60
2	35, 50, 42
3	82, 75, 90
4	65, 50, 58
5	24, 18, 35
6	38, 27, 32
7	46, 50, 48
8	77, 69, 82
9	90, 94, 78
10	39, 47, 43
11	50, 75, 60
12	35, 50, 42
13	82, 75, 90
14	65, 50, 58
15	24, 18, 35
16	38, 27, 32
17	46, 50, 48
18	77, 69, 82
19	90, 94, 78
20	39, 47, 43
21	90, 94, 78
22	39, 47, 43
23	50, 75, 60
24	35, 50, 42
25	82, 75, 90

Необходимо выполнить определение прочности раствора и его марки

Этапы выполнения работы:

- изготовление опытного образца;
- определение расчетных характеристик кирпича и раствора;
- конструирование обоймы;
- выполнение расчета опытного элемента по методикам СНиП [1] и теории сопротивления анизотропных материалов сжатию [2];
- подготовка к испытаниям;
- проведение испытания опытного образца и заполнение протокола;
- обработка результатов и выполнение сопоставления теоретических и экспериментальных данных.

Исходные данные:

Размеры опытного

образца  $b \times h \times l$ , мм - 380×250×900

Кирпич силикатный полнотелый. Сопротивление сжатию – 14,7 МПа.

Марка М150.

Раствор цементно-песчаный.

Сопротивление сжатию – 3,2 МПа. Марка М30.

Характеристики элементов стальной обоймы

Продольные опорные уголки L63×5,

гланки - 50×5, шаг – 250 мм

Для назначения режима нагружения необходимо определить теоретическую несущую способность образца.

## РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ СТАЛЬНОЙ НЕ НАПРЯГАЕМОЙ ОБОЙМЫ по методике СНиП [1]

Характеристики элементов обоймы:

- опорные уголки - L63×5 ( $A_s = 6, 13 \text{ см}^2$ );
- поперечные планки - 50×5 ( $A_{sw} = 2,5 \text{ см}^2$ ). Шаг планок 250 мм.

Определение значения процента армирования:

$$\mu = \frac{2A_{sw}(h_{кл} + b_{кл})}{h_{кл} b_{кл} S} * 100\% = \frac{2 \times 2,5 \times (25 + 38)}{25 \times 38 \times 25} \times 100\% = 1,32\%$$

Площадь поперечного сечения кладки

$$A_{кл} = 380 \times 250 = 95000 \text{ мм}^2.$$

Несущая способность усиленного столба

$$N = \psi \varphi \left[ \left( m_g m_k R + \eta \frac{2,5\mu}{1 + 2,5\mu} \frac{R_{sw}}{100} \right) A_{кл} + R_{sc} A_s^1 \right] =$$
$$= 1 \times 1 \left[ \left( 1 \times 1 \times 1,6 + 1 \times \frac{2,5 \times 1,32}{1 + 2,5 \times 1,32} \times \frac{150}{100} \right) 95000 + 190 \times 2452 \right] = 727240 \text{ Н}$$

Несущая способность каменного столба, усиленного стальной обоймой, вычисленная по методике СНиП [1] составляет 727,2 кН.

## ВЫПОЛНЕНИЕ РАСЧЕТА по методике теории сопротивления анизотропных материалов сжатию [2]

Исходные данные:

Высота столба  $l = 900$  мм.

Сечение столба  $b \times h = 380 \times 250$  мм.

Прочностные характеристики камня

$R_{ef} = 14,7$  МПа;  $R_{sq} = 2,5$  МПа;  $R_t = 0,74$  МПа;

Угол наклона граней клина  $\alpha = 48^\circ$

Процент армирования вертикальных сечений

$$\mu_1^{380} = 100 A_{st} / (aS) = 100 \times 500 / (380 \times 250) = 0,52 \%,$$

$$\mu_1^{250} = 100 A_{st} / (aS) = 100 \times 500 / (250 \times 250) = 0,8 \%,$$

Приведенная прочность камня на растяжение

$$R_{ts}^{380} = R_t + \mu R_{sw} / 100 = 0,74 + (0,52 \times 150) / 100 = 1,52 \text{ МПа},$$

$$R_{ts}^{250} = R_t + \mu R_{sw} / 100 = 0,74 + (0,8 \times 150) / 100 = 1,94 \text{ МПа}.$$

Определение геометрических характеристик модели

$A_{ef}$  – площадь поперечного сечения ядра сжатия

$$A_{ef} = b \times h \times \sin^4 \alpha = 380 \times 250 \times \sin^4 48^\circ = 28974 \text{ мм}^2;$$

$A_{sq}$  – площадь поверхности сдвига по граням клина

$$A_{sq} = h \times b (1 + \sin^2 \alpha) \cos \alpha = 250 \times 380 (1 + \sin^2 48^\circ) \cos 48^\circ = 98673 \text{ мм}^2;$$

$A_{t1}, A_{t2}$  – площадь поверхности отрыва по разным граням клина

$$\begin{aligned} A_{t1}^{380} &= (l - h \times \sin \alpha \times \cos \alpha) \times (b/3) = \\ &= (900 - 250 \times \sin 48^\circ \times \cos 48^\circ) \times 380 / 3 = 98253 \text{ мм}^2 \end{aligned}$$

*Примечание: Центральное вертикальное сечение в плоскости большего размера ( 380 мм ) на 2/3 состоит из площадей растворных швов и на 1/3 из поперечных сечений кирпичей.*

$$A_{t2}^{250} = (l-b \times \sin\alpha \times \cos\alpha) \times h = (900-380 \times \sin 48^\circ \times \cos 48^\circ) \times 250 = 177760 \text{ мм}^2$$

Величины усилий сопротивления растяжению, сдвигу и раздавливанию

$$N_t = R_{ts}^{380} A_{t1}^{380} + R_{ts}^{250} A_{t1}^{250} = 1,52 \times 98253 + 1,94 \times 177760 = 494199 \text{ кН};$$

$$N_{sq} = R_{sq} A_{sq} = 2,5 \times 98673 = 246682 \text{ кН};$$

$$N_{ef} = R_{ef} A_{ef} = 14,7 \times 28974 = 425926 \text{ кН}.$$

Величина несущей способности

$$N = [( N_t \cos\alpha + N_{sq} ) / \sin\alpha ] + N_{ef} = [( 494199 \cos 48^\circ + 246682 ) / \sin 48^\circ ] + 425926 = 1202848 \text{ Н} = 1202,8 \text{ кН}$$

#### НАЗНАЧЕНИЕ РЕЖИМА НАГРУЖЕНИЯ

Величины ожидаемой несущей способности опытного образца, вычисленные в соответствии с методиками СНиП [1] и теории сопротивления анизотропных материалов при сжатии составляют 727,2 кН и 1202,8 кН. Учитывая, отмечаемое во многих источниках, значительное занижение методикой СНиП [1] несущей способности каменных конструкций принимаем ожидаемую величину разрушающей нагрузки равной 1200 кН. При этом нагружение будет осуществляться в 10 этапов с шагом 120 кН.

#### ПОДГОТОВКА К ИСПЫТАНИЮ

В ходе подготовки к испытанию выполняется установка образца в испытательном прессе или стенде, выверка вертикальности и центровка по отношению к грузовым плитам, установка измерительных приборов, снятие и фиксация в протоколе «нулевых



отсчетов», геометрических параметров образца и длин баз измерений мессур ( рис. 1 ).

Для измерения деформаций продольных уголков и планок обоймы выполняется установка тензометрических датчиков. На каждой из четырех граней образца устанавливаются по 2 тензодатчика для измерений деформаций продольных уголков и центральной планки в средней зоне по высоте столба. Монтаж тензометрической установки выполняется на стадии установки образца в пресс и крепления других измерительных приборов.

Протокол испытания содержит 21 графу:

1. Дата проведения испытания;
2. Геометрические параметры образца – размеры сечения и высота, мм;
3. Номер этапа нагружения;
4. Значение нагрузки на каждом этапе, кН;
- 5-12. Отсчеты индикаторов мессур, установленных по 2 на каждой грани столба с указанием длин баз измерений;
- 13-20. Отсчеты по тензодатчикам, установленным на продольные уголки и планки обоймы;
21. Примечания.

Кроме протокола испытания необходимо подготовить шаблоны для фиксации характера трещинообразования, аналогичные используемым в лабораторных работах №№ 13, 14.

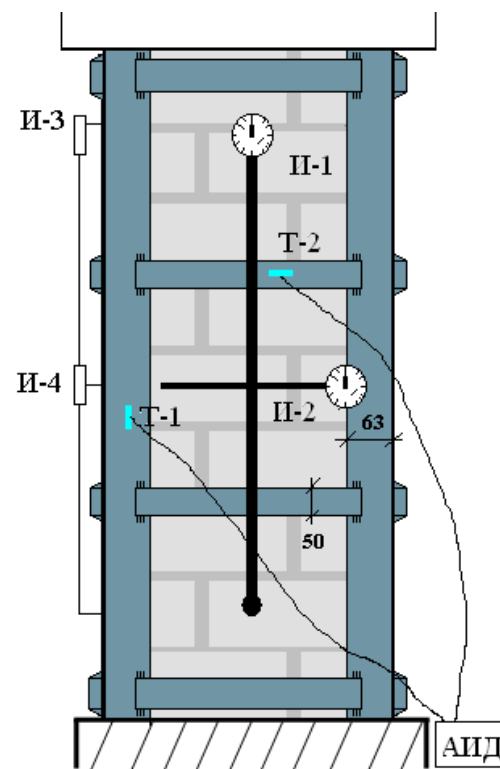


Рис. 1. Расстановка измерительного оборудования

### *Предварительное загрузеие.*

Предварительное загрузеие является контрольным этапом испытания. На данной стадии проверяется надежность нагрузочных приспособлений, крепление приборов и испытываемой конструкции, правильность показаний установленных приборов и тензодатчиков.

Интенсивность предварительного загрузеия принимается обычно равной величине первой ступени нагрузки, предусмотренной программой испытаний. Все, неудовлетворительно работающие, приборы и приспособления, выявленные во время контрольных загрузеий, подлежат ремонту или замене.

### *Процесс испытания.*

После приложения каждой ступени нагрузки производится тщательный осмотр конструкции для выявления как вновь появившихся повреждений, так и степени развития уже имеющихся. На поверхности конструкции и на шаблонах с помощью карандаша наносятся контуры трещин, обводятся контуры сколов и других повреждений. Концы трещин отмечают поперечными штрихами, рядом с которыми пишут ширину раскрытия и номера ступеней нагрузок. Совокупность таких отметок дает наглядную картину постепенного развития повреждений и трещин по мере роста испытательной нагрузки.

Ширина раскрытия трещин определяется при помощи микроскопа МПБ–2.

Запись показаний приборов на каждой ступени осуществляют после 10-ти минутной выдержки приложенной нагрузки. Отсчеты по всем измерительным приборам должны производиться быстро, чтобы их показания соответствовали одному и тому же деформированному состоянию испытываемой конструкции.

Демонтаж приборов, измеряющих поперечные деформации, выполняется при появлении вертикальных трещин пересекающих базу

измерения. Демонтаж мессур во избежание их повреждения производится при появлении признаков приближающегося разрушения образца.

### Обработка результатов испытаний

По окончании испытания производится камеральная обработка полученных результатов. Обработка заключается в определении приращений деформаций по этапам испытания, вычислении величин относительных поперечных и продольных деформаций кладки, построении графических зависимостей. При этом необходимо выполнить сопоставление данных измерений поперечных деформаций по отсчетам индикаторов мессур и тензодатчиков, установленных на элементах обоймы.

Выражение для вычисления относительных деформаций на  $i$ -ом этапе испытания

$$\varepsilon_i = I_{n,i} - I_{n,0} / I_n,$$

где  $I_{n,i}$  – отсчет  $n$ -го индикатора на  $i$ -ом этапе испытания;

$I_{n,0}$  – «нулевой» отсчет  $n$ -го индикатора;

$I_n$  – база измерения  $n$ -го индикатора.

Сопоставление опытных и теоретических результатов производится по формуле

$$[(N_{\text{cal,теор.}} - N_{\text{exp}}) / N_{\text{cal,теор.}}] \times 100\%,$$

где  $N_{\text{cal,теор.}}$  – значение несущей способности образца, вычисленное теоретически по методикам [ 1, 2 ];

$N_{\text{exp}}$  – фактическое значение несущей способности столба.

Заключительными этапами лабораторной работы являются формулирование выводов и ответы на контрольные вопросы.

## *Выводы*

Выводы по работе должны отражать следующие моменты:

- данные по опытному образцу – геометрические и физические характеристики;
- способы, использованные для определения теоретической величины несущей способности и ее значения, вычисленные по разным методикам;
- данные о режиме нагружения – количество этапов и значение, прикладываемой нагрузки на каждом из них;
- данные о методах измерений, приборах и приспособлениях;
- данные о величинах нагрузок трещинообразования и разрушения образца;
- данные о характере трещинообразования и разрушения образца;
- данные о величинах и характере изменений относительных горизонтальных и вертикальных деформациях кладки и элементов обоймы;
- данные по степени расхождения величин теоретических и фактической несущей способности образца;
- заключение о степени влияния усиления стальной обоймой каменных кладок на их трещиностойкость и несущую способность.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП II-22-81\*. Каменные и армокаменные конструкции. Нормы проектирования. /Госстрой России. – М.: ФГУП ЦПП, 2004.
2. Соколов Б.С. Теоретические основы сопротивления бетона и железобетона при сжатии. Известия ВУЗов.Строительство.- 1993. - № 9. - С.39-43.
3. Электронный учебный курс «Каменные и армокаменные конструкции», КГАСУ, 2007.