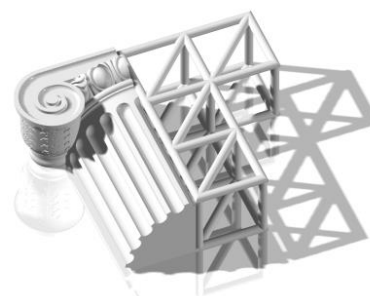


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра железобетонных и каменных конструкций



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ №4-6 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 №4-6 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. – 26с.

Рецензент

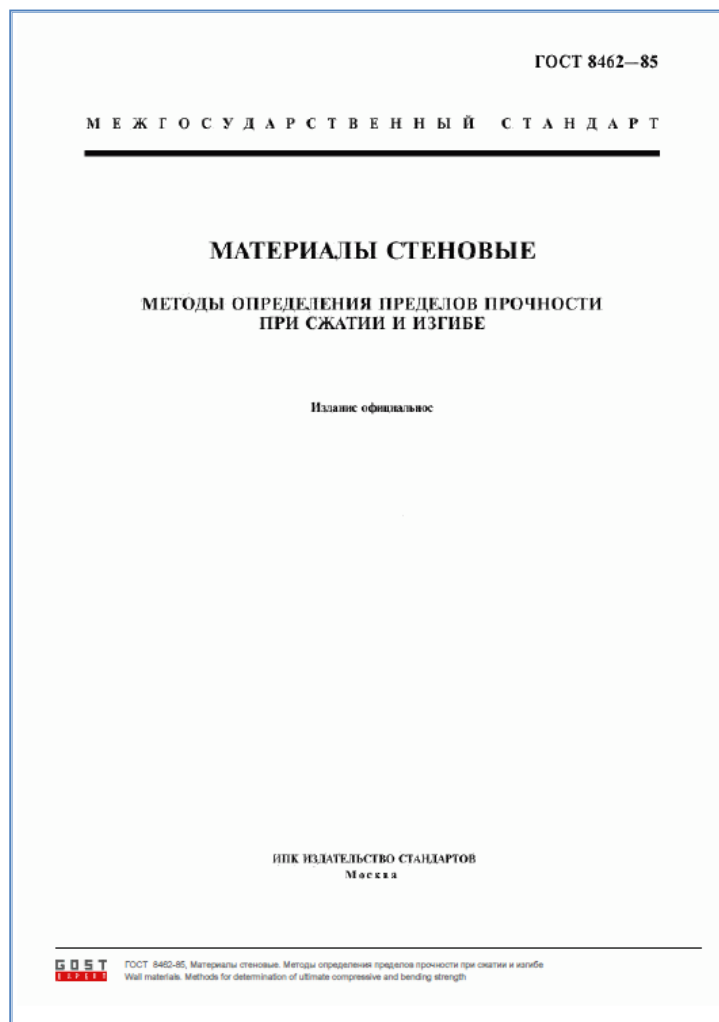
Кандидат технических наук, профессор кафедры
МКиИС КГАСУ Шмелев Г.Н.

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 сжатие;
- обработка результатов измерений по индивидуальным данным;
- ответы на контрольные вопросы по тематике работы.

Ознакомление с нормативными требованиями – ГОСТ 8462-85



Испытательное оборудование



Испытания образцов кирпича на прессе ИПС-200 лаборатории кафедры ЖБикК КГАСУ



Современная испытательная машина

Ознакомление с методами испытаний



Образец из пустотных
керамических кирпичей

Испытанный образец из
полнотелых керамических
кирпичей



Обработка результатов испытаний образцов по индивидуальным данным

Индивидуальный номер варианта по списку группы	Величины разрушающих усилий N_u , кН
1	210, 250,200,280,270
2	180, 200, 230,215, 190
3	310, 280,275, 300, 260
4	250, 275, 230, 290, 280
5	145, 175, 190, 130, 160
6	290, 250,200,280,270
7	180, 200, 230,255, 190
8	240, 280,275, 300, 260
9	250, 275, 280, 290, 280
10	195, 175, 190, 130, 160
11	210, 250,200,280,270
12	180, 200, 230,215, 190
13	310, 280,275, 300, 260
14	250, 275, 230, 290, 280
15	145, 175, 190, 130, 160
16	290, 250,200,280,270
17	180, 200, 230,255, 190
18	240, 280,275, 300, 260
19	250, 275, 280, 290, 280
20	195, 175, 190, 130, 160
21	145, 175, 190, 130, 160
22	290, 250,200,280,270
23	180, 200, 230,255, 190
24	240, 280,275, 300, 260
25	250, 275, 280, 290, 280

Размеры опытных образцов
250 (l) x 125(b) x 142 (h), мм

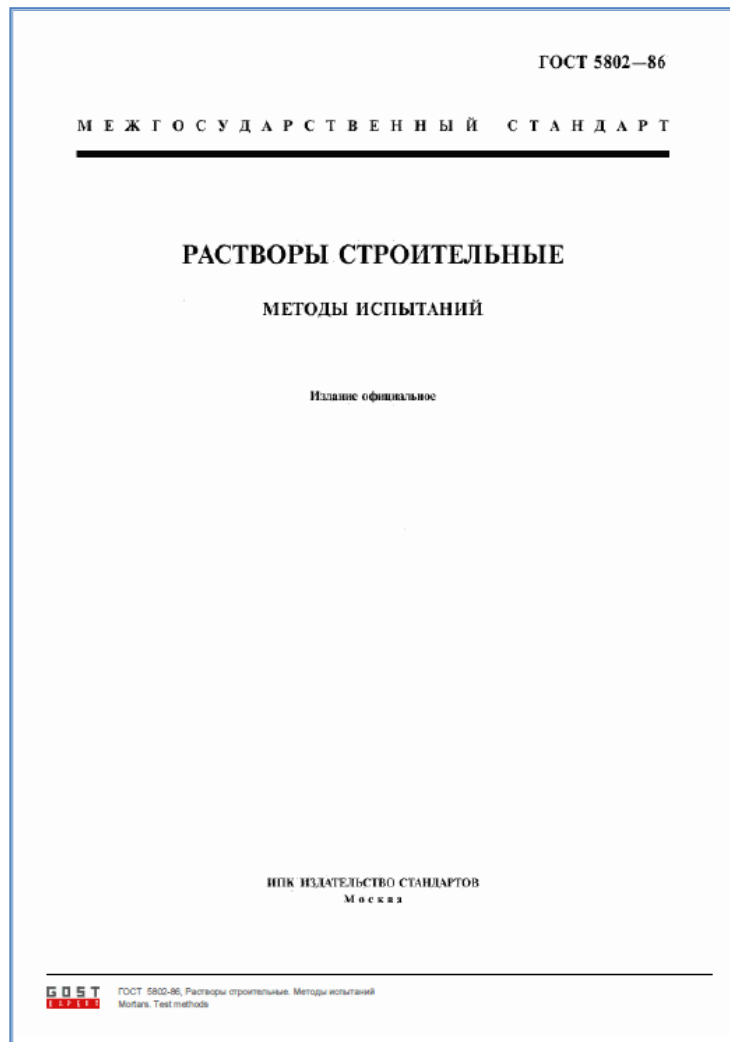
Необходимо выполнить определение прочности кирпича и соответствующей ей марки

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

Цель работы – ознакомление с методами определения прочности каменной кладки

Задачи:

- ознакомление с методикой определения прочности каменных кладок;
- просмотр видеоролика испытания;
- выполнение индивидуальной работы в комплексе «камкон» (см. в папке ЛР-13);
- ответы на контрольные вопросы по тематике работы.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИСПЫТАНИИ КАМЕННЫХ И АРМОКАМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

1.1. НАГРУЗКА

Экспериментальные исследования предназначены для определения фактических прочностных характеристик материалов и конструкций в целом. Указанные данные могут быть получены двумя способами – разрушающим и неразрушающим. Разрушающий способ связан с нагружением опытного образца, элемента или конструкции и доведением величины нагрузки до разрушения. При испытании конструкций вводится понятие испытательной и контрольной нагрузки. Испытательная нагрузка – это нагрузка, включая собственный вес, которая прикладывается к конструкции в процессе испытания. Контрольной нагрузкой называют предельное значение испытательной нагрузки, по результатам воздействия которой производят оценку качества конструкций. При проверке жесткости и трещиностойкости конструкций контрольная нагрузка принимается равной нормативной нагрузке, при проверке прочности – контрольной разрушающей нагрузке. Величина нагрузки и скорость ее приложения при проведении лабораторных и научно-исследовательских работ назначается в соответствии с поставленными целями. Скорость приложения и величины нагрузки на каждом этапе характеризуют режим нагружения. Для назначения режима нагружения необходимо теоретически или на основании результатов аналогичных исследований определить величину ожидаемой несущей способности опытного образца или элемента. Величина нагрузки прикладываемой на каждом этапе испытания принимается равной 8-10% от значения ожидаемой несущей способности.

1.2. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ

Испытательные прессы и машины являются основным оборудованием испытательных лабораторий железобетонных и каменных конструкций. Для испытания строительных конструкций используют машины и прессы, обеспечивающие максимальные усилия от 5 до 80 МН.

При статических испытаниях образцов и конструкций из каменной кладки на сжатие используются гидравлические прессы следующих марок: ИПС - 500, ПММ - 500 (с усилием до 5000 кН); ИПС-200 (рис. 2), ПММ –200 (с усилием до 2000 кН); ПСУ-125 (с усилием до 1250 кН); 2 ПГ -50, ПСУ-50 (с усилием до 500 кН) и 2 ПГ -10, ПСУ -10 (с усилием до 700 кН).



Рис. 1. Испытательный пресс для определения прочностных характеристик материалов

1.2. ПРИБОРЫ И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

Испытания строительных конструкций, материалов и моделей связаны с определением большого числа параметров, характеризующих процесс загрузки и поведения их под нагрузкой. К таким параметрам относятся: силовые воздействия, перемещения, деформации, углы поворота и другие. Для измерения перечисленных параметров используются приборы, приспособления и преобразователи, основанные на различных принципах действия.

При проведении натурных испытаний предпочтение отдается приборам, которые быстро устанавливаются на конструкцию, имеют достаточно широкий измерительный диапазон при обеспечении необходимой точности. Применительно к испытаниям каменных и армокаменных конструкций для измерений продольных и поперечных деформаций используются индикаторы часового типа и электрические тензометрические установки.

Индикаторы часового типа (рис. 2) используются для измерения небольших по величине перемещений.

Индикатор состоит из цилиндрического корпуса 4, внутри которого размещается система шестеренок 6.

На лицевой стороне прибора под стеклом располагается большая 8 и малая 9 кольцевые шкалы со стрелками.

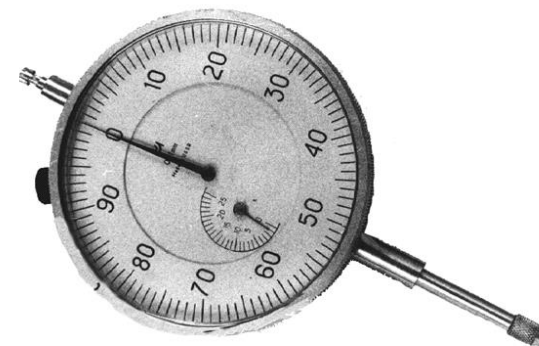
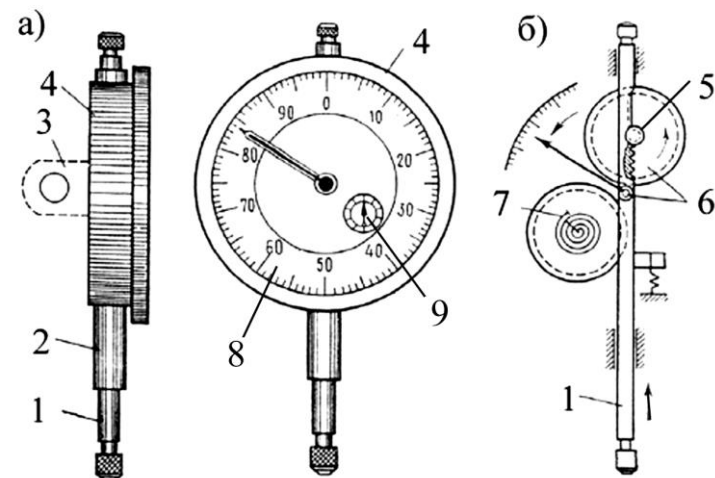


Рис.2. Индикатор часового типа:
а) конструктивная схема; б) кинематическая схема;
в) общий вид;
1 - измерительный шток с зубчатой рейкой
кремальерой; 2 – муфта; 3 – ушко; 4 –
цилиндрический корпус; 5 – соединительная трубка с
шестеренкой; 6 – шестеренки между кремальерой; 7
– пружина; 8 – большая шкала измерений; 9 – то же -
малая

Через корпус проходит измерительный шток 1, на котором нарезана зубчатая рейка-кремальера, соединенная с зубчатой шестеренной трубкой. Для устранения зазора между зубьями кремальеры и шестеренок поставлена пружина.

Часовой зубчатый механизм, расположенный в корпусе прибора, преобразует вертикальное перемещение штока 1 во вращательное движение указательных стрелок. Индикаторы часового типа просты в обращении и обладают высокой точностью, поэтому их часто используют при испытании строительных конструкций. Индикаторы используются в составе специальных приспособлений – мессур и устанавливаются с помощью специальных кронштейнов (рис. 3).

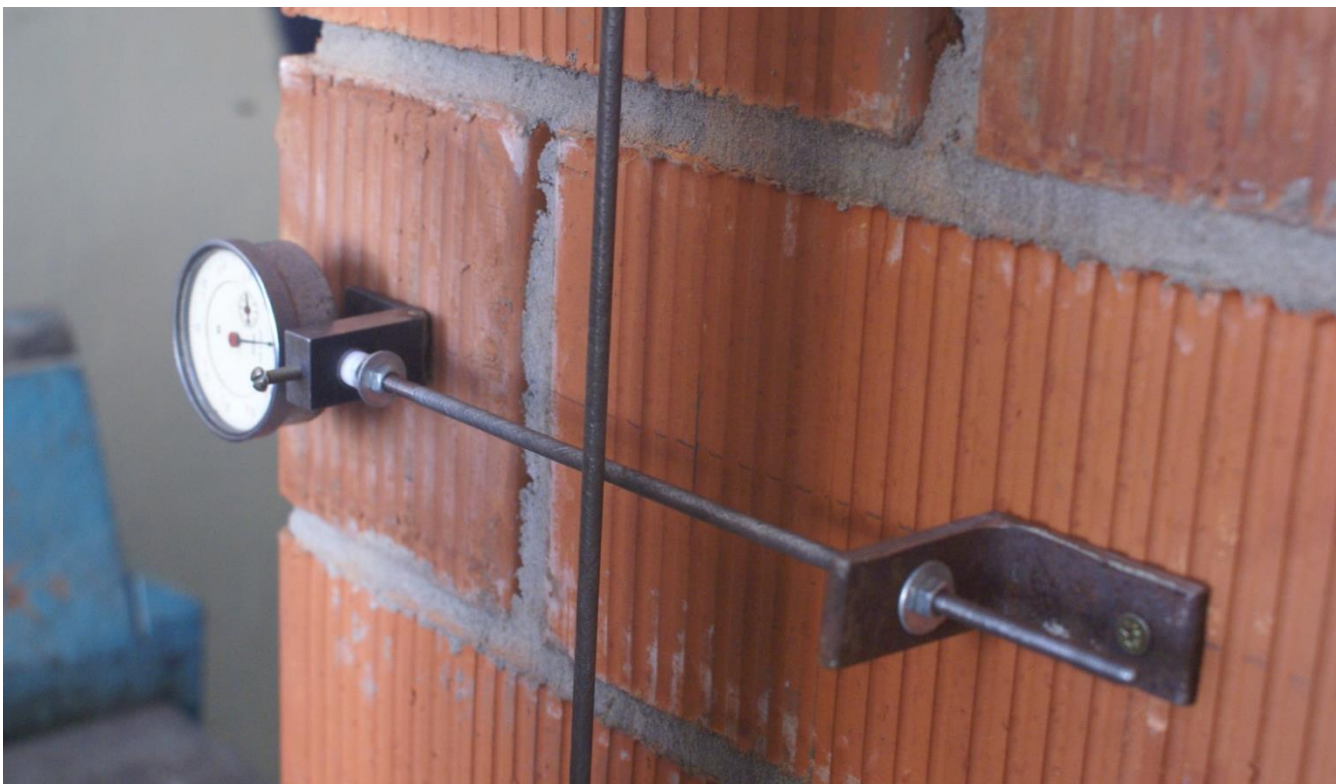


Рис. 4. Мессура для определения поперечных деформаций кладки

2. ДЕМОНСТРАЦИЯ ПРОЦЕССА ИСПЫТАНИЯ КАМЕННОГО СТОЛБА

В данном пособии по лабораторным работам приведены фотоиллюстрации испытания каменного столба из высокопустотного керамического кирпича. Однако в ходе выполнения лабораторных работ электронного курса «Каменные и армокаменные конструкции» [8] имеется возможность просмотра видеоролика испытания.

а. Установка и выверка образца



б. Начало трещинообразования



Образуются вертикальные трещины в средней
зоне столба

3. ИСПЫТАНИЕ ЦЕНТРАЛЬНО НАГРУЖЕННОГО КИРПИЧНОГО СТОЛБА

Цель работы – испытание центрально нагруженного кирпичного столба для определения его фактической несущей способности.

Этапы выполнения работы:

- определение расчетных характеристик кирпича и раствора (см. п. 2 настоящих указаний);
- 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.

Для назначения режима нагружения необходимо определить теоретическую несущую способность образца.

ВЫПОЛНЕНИЕ РАСЧЕТА по СНиП II-22-81* [1].

Условие прочности

$$N \leq m_g \varphi R A.$$

R — расчетное сопротивление сжатию кладки, определяемое по [таблице. 2](#) [1] – 1,6 МПа;

φ — коэффициент продольного изгиба, определяемый по [п. 4.2](#) [1];
 $= 90/25 = 3,6$

Упругая характеристика кладки α принимается по [таблице 15](#) [1]
 $\alpha = 750$.

По [таблице 18](#) [1] находим значение коэффициента φ .
 $\varphi = 1,0$.

A — площадь сечения элемента

$$A = b \times h = 380 \times 250 = 95000 \text{ мм}^2.$$

m_g — коэффициент, учитывающий влияние длительной нагрузки
 $m_g = 1,0$.

Несущая способность элемента

$$m_g \varphi R A = 1,0 \times 1,0 \times 1,6 \times 95000 = 152000 \text{ Н} = 152 \text{ кН}.$$

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

$R_{сж.} = R_{ef} = 14,7$ МПа - сжатие;

$R_{ср.} = R_{sq} = 2,5$ МПа - сдвиг (срез);

$R_{раст.} = R_t = 0,74$ МПа – растяжение.

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

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

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

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.

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

Величины усилий сопротивления растяжению, сдвигу и раздавливанию

$$N_t = R_t (A_{t1} + A_{t2}) = 0,74 (98253 + 177760) = 250467 \text{ кН}$$

$$N_{sq} = R_{sq} A_{sq} = 2,5 \times 3,17 \times 98673 = 246682 \text{ кН}$$

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

Величина несущей способности

$$N = [(N_t \cos \alpha + N_{sq}) / \sin \alpha] + N_{ef} = \\ = [(250467 \cos 48^\circ + 246682) / \sin 48^\circ] + 425926 = 983391 \text{ Н} = 983,4 \text{ кН}$$

НАЗНАЧЕНИЕ РЕЖИМА НАГРУЖЕНИЯ

Величины ожидаемой несущей способности опытного образца, вычисленные в соответствии с методиками СНиП [1] и теории сопротивления анизотропных материалов при сжатии составляют 152 кН и 984,4 кН. Учитывая, отмечаемое во многих источниках, значительное занижение методикой СНиП [1] несущей способности каменных конструкций принимаем ожидаемую величину разрушающей нагрузки равной 1000 кН. При этом нагружение будет осуществляться в 10 этапов с шагом 100 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 (рис. 5), снятие и фиксация в протоколе «нулевых отсчетов», геометрических параметров образца и длин баз измерений мессур. Протокол испытания содержит 13 граф:

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. Примечания



Рис. 5. Подготовленный к испытанию каменный столб

Кроме протокола испытания необходимо подготовить шаблоны для фиксации характера трещинообразования (рис. 6).

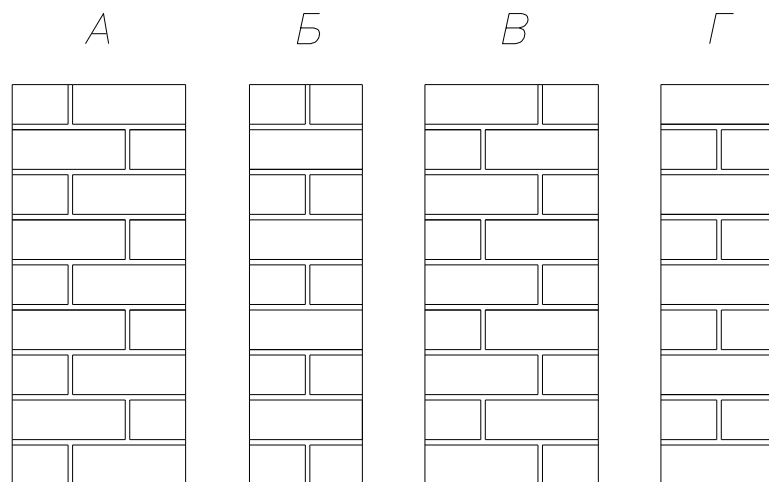


Рис. 6. Шаблоны для зарисовок характера трещинообразования

Предварительное загрузжние.

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

Интенсивность предварительного загрузжжения принимается обычно равной величине первой ступени нагрузки, предусмотренной программой испытаний. Все, неудовлетворительно работающие, приборы и приспособления, выявленные во время контрольных загрузжений, 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 имеющих. 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 (рис. 7). 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 всех измерительных приспособлений 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.

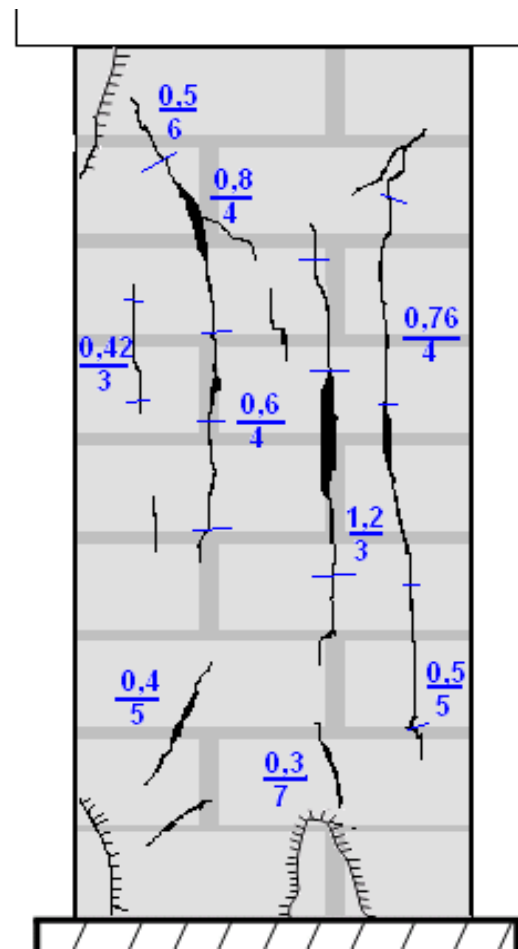


Рис. 7. Пример фиксации характера трещинообразования и разрушения

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.

Пример графика изменения вертикальных относительных деформаций приведен на рис. 8.

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_{exp} – фактическое значение несущей способности столба.

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

Номер этапа испытания

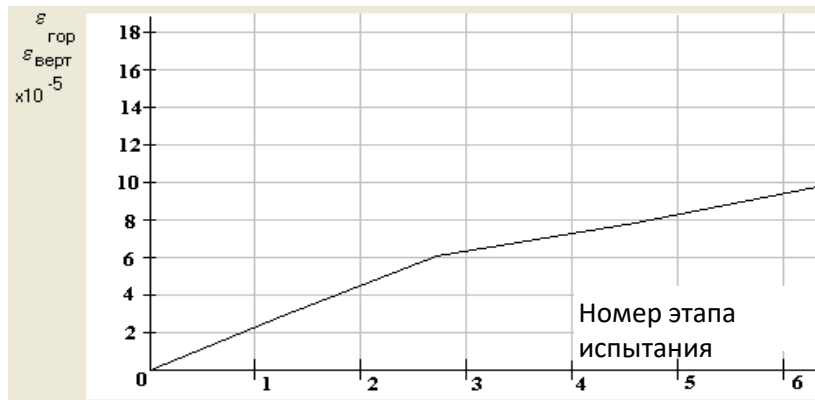


Рис. 8. Графическая зависимость «относительные деформации – номер этапа испытания»

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 деформаций кладки в процессе испытания;
- данные по степени расхождения величин теоретических и фактической несущей способности образца.

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. ГОСТ 8462-85. Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе.
4. ГОСТ 5802-86. Растворы строительные. Методы испытаний.
5. ГОСТ 427-75. Линейки измерительные металлические. Технические условия.
6. ГОСТ 7502-89. Рулетки измерительные металлические. Технические условия.
7. Электронный учебный курс «Каменные и армокаменные конструкции», КГАСУ, 2007.