КУРС ЛЕКЦИЙ ПО ТЕМЕ: «ОБСЛЕДОВАНИЕ И ИСПЫТАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»

Лекция № 4

«Обследование и дефекты каменных конструкций»

1 Контролируемые параметры каменных конструкций

Контролируемыми параметрами каменных конструкций являются:

- тип и качество выполнения кладки;
- вид и марки камней и раствора;
- геометрические размеры (толщина и высота стен, размеры простенков);
- прочность камней и раствора;
- морозостойкость камней;
- толщина швов кладки;
- вид, диаметры, количество и расположение арматуры;
- прочность арматуры;
- влажность кладки.

Прочностные характеристики кладки (камней и раствора) следует определять в случаях, если:

- отсутствуют проектные данные о прочности материала, а эти сведения необходимы при оценке состояния конструкций;
- есть основания предполагать, что были нарушены требования по качеству материалов и производства работ;
- материал имеет дефекты и повреждения;
- при изменении нагрузок или условий эксплуатации здания.

2 Контролируемые дефекты каменных конструкций

Контролируемыми параметрами дефектов и повреждений каменных конструкций являются:

- ширина раскрытия трещин, их характер и расположение;
- величина пустошовки, непараллельность рядов, число неперевязанных рядов кладки;
- наличие бракованных кирпичей и раствора в кладке;
- глубина и размеры местных повреждений кладки (разрушение, расслоение, деструкция, эрозия швов кладки, увлажнение, наличие микроорганизмов на поверхности);
- деформации формы конструкций (продольный изгиб, перекос, выпучивание, отклонение и т.п.).

3 Методы определения прочности кирпича

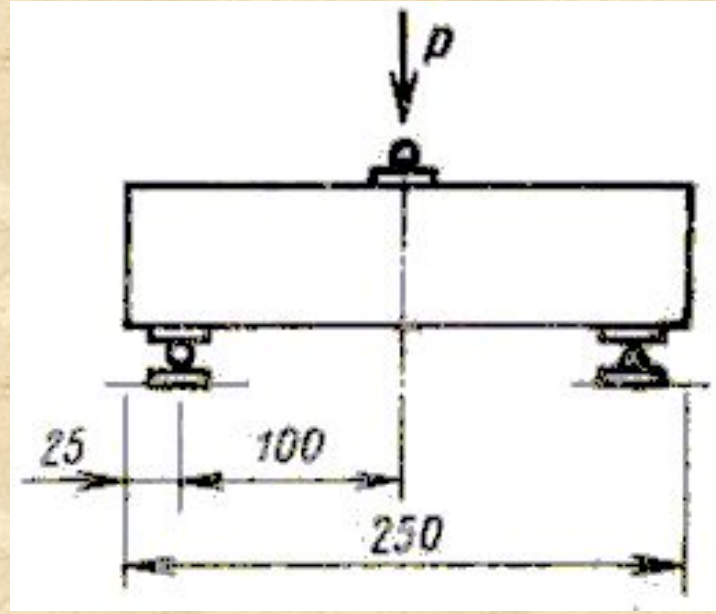
- *Прочность кирпича может быть определена:*
  - *разрушающими методами* путем испытания образцов, взятых из обследуемой конструкции (ГОСТ 8462-85);
  - *неразрушающими методами* (например, ультразвуковым методом по ГОСТ 17624-87).
- *Для получения точных данных следует использовать разрушающие методы контроля*, для чего из конструкции *отбирают 5 или 10 образцов целого неповрежденного кирпича*.
- *Места отбора образцов:*
  - непосредственно из исследуемой конструкции (напр., из простенка) или в непосредственной близости от нее;
  - из малонагруженных участков или участков подлежащих разборке

ГОСТ 8462-85 «Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе»

- Образцы кирпича испытывают:
  - *на изгиб*
  - *на сжатие.*
- Перед испытанием образцы *измеряют* с точностью 1 мм. Каждый линейный размер образца вычисляют как среднее арифметическое значение результатов измерений двух средних линий противолежащих поверхностей образца.
- *Предел прочности при изгибе определяют на целом кирпиче*.
- *Предел прочности при сжатии* определяют на образцах, состоящих *из двух целых кирпичей или из двух его половинок*.
- В местах опирания и приложения нагрузки *поверхность кирпича выравнивают* цементным или гипсовым раствором.

Испытание образцов на изгиб

- Нагрузку равномерно распределяют по ширине образца.
- Нагрузка на образец должна возрастать непрерывно со скоростью, обеспечивающей его разрушение через 20-60 с после начала испытаний.
- Предел прочности при изгибе $R_{изг}$, МПа (кгс/см^2):



$$R_{изг} = \frac{3Pl}{2bh^2},$$

где P - наибольшая нагрузка, установленная при испытании, МН (кгс);

l - расстояние между осями опор, м (см);

b - ширина образца, м (см);

h - высота образца посередине пролета, м (см).

Испытание образцов на сжатие

- Предел прочности при сжатии определяют на образцах, состоящих из *двух целых кирпичей или из двух его половинок*.
- Кирпич делят на половинки распиливанием или раскалыванием. *Допускается использовать половинки кирпича, полученных после испытания его на изгиб*.
- Кирпичи или его половинки *укладывают постелями друг на друга*. Половинки размещают *поверхностями раздела в противоположные стороны*.
- Образцы, изготовленные с применением гипсового раствора, *испытывают не ранее чем через 2 ч после начала схватывания*. Толщина слоя раствора должна быть не более 5 мм.
- На боковые поверхности образца наносят вертикальные осевые линии.

- Образец устанавливают в центре плиты пресса, совмещая геометрические оси образца и плиты, и прижимают верхней плитой пресса.
- Нагрузка на образец должна возрастать непрерывно и равномерно со скоростью, обеспечивающей его разрушение через 20-60 с после начала испытания.
- Предел прочности при сжатии $R_{сж}$, МПа (кгс/см^2):

$$R_{сж} = \frac{P}{F},$$

где P — наибольшая нагрузка, установленная при испытании образца, МН (кгс);

F — средняя арифметическая площадь поперечного сечения образца, м^2 (см^2).

При вычислении предела прочности при сжатии образцов из кирпичей толщиной 88 мм результаты испытаний умножают на коэффициент 1,2.

- *Предел прочности при изгибе* образцов в партии вычисляют *с точностью до 0,05 МПа* (0,5 кгс/см^2) *как среднее арифметическое* значение результатов испытаний установленного числа образцов.
- *При вычислении предела прочности при изгибе* образцов в партии *не учитывают образцы*, пределы прочности которых имеют *отклонение* от среднего значения предела прочности всех образцов *более чем на 50 %* и не более чем по одному образцу в каждую сторону.
- *Предел прочности при сжатии* образцов в партии вычисляют *с точностью до 0,1 МПа* (1 кгс/см^2) *как среднее арифметическое* значение результатов испытаний установленного числа образцов.

- *Марка кирпича или камня назначается* по результатам испытаний кирпича *на сжатие и изгиб*, *используя ГОСТ на соответствующее изделие:*
  - *кирпичи и камни силикатные – ГОСТ 379-95 (2003);*
  - *кирпичи и камни керамические – ГОСТ 530-95 (2001).*
- *Для промежуточных значений средних и наименьших пределов прочности кирпича условную марку следует принимать по линейной интерполяции.*

Прочности и марки керамического кирпича по ГОСТ 530-95

Марка кирпича	$R_{сж,ср}$, кг/см^2	$R_{сж,мин}$, кг/см^2	$R_{изг,ср}$, кг/см^2	$R_{изг,мин}$, кг/см^2
100	100	75	22	11
75	75	50	18	9

4 Методы определения прочности раствора

ГОСТ 5802-86 «Растворы строительные. методы испытаний»

- *Образцы раствора отбирают из горизонтальных швов* наиболее характерных участков стен.
- Из образцов *изготавливают пластинки (10 штук)* в виде квадрата, сторона которого в 1,5 раза должна превышать толщину пластинки, равную толщине шва.
- Для испытания *готовят кубы с ребрами 2-4 см из двух пластинок* раствора.
- *Склеивание производят при помощи тонкого слоя гипсового теста* (1-2 мм).
- Испытание кубов из отвердевшего раствора производят через сутки после изготовления, а из оттаявшего раствора - через 2-3 ч.

Проведение испытаний

- Для испытания образцов-кубов из раствора с ребрами 2 см *применяют малогабаритный настольный пресс*. Нормальный диапазон нагрузок составляет 1,0—5,0 кН (100—500 кгс).
- Образец-куб устанавливают на нижнюю плиту пресса центрально относительно его осей.
- Нагрузка на образец должна возрастать непрерывно *с постоянной скоростью* 2-10 кгс/см^2.
- Предел прочности раствора при сжатии $R_{сж}$, МПа (кгс/см^2) определяют *с погрешностью 0,01 МПа* (0,1 кгс/см^2):

$$R_{сж} = \frac{P}{F},$$

где P — наибольшая нагрузка, установленная при испытании образца, Н;

F — средняя арифметическая площадь поперечного сечения образца, см^2.

- Прочность раствора определяется как *средний результат пяти испытаний*.
- *Марка раствора назначается по ГОСТ 28013-98 (2002) путем идентификации полученной прочности раствора.*
- Прочность растворов на сжатие в проектном возрасте *характеризуют марками: М4, М10, М25, М50, М75, М100, М150, М200*.

- *Расчет несущей способности каменных и армокаменных конструкций производят в соответствии со СНиП II-22-81* «Каменные и армокаменные конструкции».
- Несущая способность элементов неармированных каменных конструкций при центральном сжатии определяется по формуле:

$$[N] = m_g \phi RA,$$

где *[N]* - расчетная несущая способность;

R - расчетное сопротивление сжатию кладки на основании данных, полученных при обследовании;

ϕ - коэффициент продольного изгиба;

A - площадь сечения элемента с учетом ослаблений (трещины, разрушения поверхностных слоев, механические повреждения);

m_g - коэффициент, учитывающий влияние длительной нагрузки.

Несущая способность поврежденных элементов определяется с учетом следующих факторов:

- трещины;
- разрушения поверхностных слоев кладки в результате размораживания, пожара или механических повреждений (выбоин и т.п.);
- наличие эксцентриситетов, вызываемых отклонением стен и столбов от вертикали или при их выпучивании из плоскости;
- нарушение конструктивной связи между стенами вследствие образования вертикальных трещин в местах их пересечения или вследствие разрыва поперечных связей между стенами, колоннами и перекрытиями каркаса;
- повреждение опор балок, перемычек, смещение элементов покрытий и перекрытий на опорах;
- увлажнение кладки.

Несущая способность поврежденных элементов определяется по формуле:

$$\Phi=[N]\cdot k_{mc},$$

где *А* – фактическая несущая способность поврежденного каменного элемента;

[N] – несущая способность каменного элемента, определенная по СНиП II-22-81;

k_{mc} – коэффициент снижения несущей способности каменных конструкций при наличии повреждений [Рекомендации по обследованию и оценке технического состояния крупнопанельных и каменных зданий / ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. М., 1988].

№№ пп.	Характер повреждения кладки	Коэффициент k_{mc} при кладке	
		неармированной	армированной
1	Трещины в отдельных камнях, не пересекающие растворные швы	1	1
2	Волосяные трещины, пересекающие не более двух рядов кладки (длиной 15-)	0,9	1
3	То же при пересечении не более четырех рядов кладки (длиной до 30-) при числе трещин не более четырех на ширины (толщины) стены, столбов или простенка	0,75	0,9
4	Трещины с раскрытием до , пересекающие не более восьми рядов кладки (длиной до 60-65 ей) при числе трещин не более четырех на ширины (толщины) стены, столба, простенка	0,5	0,7
5	То же при пересечении более восьми рядов кладки (длиной более)	0	0,5

- *Вывод о категории технического состояния* обследуемых конструкций делается *на основании сопоставления усилий в конструкциях и фактической несущей способности этих конструкций*.
- *В случае если усилия в конструкции превышают ее несущую способность, то состояние такой конструкции должно быть признано недопустимым или аварийным* [СП 13-102-2003].
- *По величине снижения несущей способности назначается степень повреждения и категория технического состояния* [МДС 13-20.2004]:

Снижение несущей способности, %	0-5	5-15	15-25	25-50	Свыше 50
Степень повреждения	I	II	III	IV	V
Категория технического состояния	Исправное	Работоспособное	Ограниченно работоспособное	Недопустимое	Аварийное

Основные причины возникновения дефектов в каменных конструкциях

- совместное применение разнородных по прочности, водопоглощению и долговечности материалов для несущих конструкций (силикатный кирпич в сочетании со шлакоблоками, шлакобетон с цементной штукатуркой повышенной толщины, керамическая облицовка с клакой стен из силикатного кирпича с удвоенным количеством швов по от ношению в облицовке);
- различная деформативность нагруженных продольных и ненагруженных торцевых кирпичных стен или нагруженных поперечных и ненагруженных продольных стен;
- использование каменных материалов не по назначению (силикатного кирпича -для сооружений повышенной влажности (бани, душевые, бассейны, пропарочные камеры на заводах), где преобладает повышенная влажность);
- ослабление кладки из-за несоблюдения перевязки, утолщения швов, применения забутовки стен и простенков кирпичным боем и применения кирпича и раствора низкой прочности;
- некачественное или полное отсутствие перевязки несущих кирпичных пилястр со стенами;
- пониженная несущая способность пилястр;

- эксцентриситеты при опирании железобетонных балок и ферм на кирпичные пилястры и столбы;
- недостаточное опирание железобетонных перемычек балок и ригелей на кирпичные простенки, столбы, стены;
- смещение столбов на разных этажах с их общей вертикальной оси;
- промерзание раствора и неупорядочность температурных швов в стенах;
- увлажнение атмосферными осадками карнизов, парапетов, архитектурных деталей фасадов, колонн, балконов, лоджий, водосточных труб и лотков для внешнего отвода дождевых и талых вод;
- некачественное заполнение раствором вертикальных и горизонтальных швов в кирпичной кладке, вызывающих продуваемость при напорном ветре и увлажнение внутренней поверхности стен;
- нарушения, вызванные низким качеством работ, выполняемых в осенне-зимнее время, использование не очищенного от наледи и снега кирпича, применение раствора, утратившего пластичность или частично смерзшегося и разбавленного водой, увеличение толщины швов;
- отсутствие контроля за фактической прочностью в швах кирпичной кладки при естественном весеннем и искусственном оттаивании (этот недочет при низкой прочности раствора в сочетании с другими вышеперечисленными нарушениями приводит к значительным дефектам и обрушению конструкций);
- внешние нарушения, вызванные выветриванием кладки стен, выщелачиванием растворимых веществ, особенно при низкой морозостойкости и прочности кирпича.

Рис. 4.1. Разрушение карнизной части кирпичной стены школы искусств в Донецкой области

Рис. 4.2. Низкое качество работ при кладке стены (гостиница в г. Горно-Алтайск)

Рис. 4.3. Размораживание каменной кладки (гостиница в г. Горно-Алтайск)

Рис. 4.4. Разрушение каменной кладки (лицей в г. Томске)

Рис. 4.5. Замачивание каменной кладки (жилой дом по ул. Римского-Корсакого)

Рис. 4.6. Трещины в кирпичных стенах жилого дома по ул. Депутатская, 28

Рис. 4.7. Трещины в кирпичных стенах в жилом доме по ул. Римского-Корсакого