

## ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ.

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЧНОСТИ И ДЕФОРМАЦИЙ МНОГОСЛОЙНОЙ ОБЛЕГЧЕННОЙ КЛАДКИ

#### 4.1. Испытания многослойных облегченных кладок, выполненные в ЦНИПС

Как отмечалось, практически все исследования многослойных кладок в Советском Союзе были проведены в лаборатории каменных конструкций ЦНИИСК им. Кучеренко (бывший ЦНИПС). Особенно интенсивные экспериментальные исследования проводились в 30–50-е годы. В 1932–1933 годах были проведены испытания на центральное сжатие кладок на шлаковом растворе и колодцевых кладок. Образцы имели сравнительно небольшую высоту (1,1–1,2 м). В 1937–1939 годах Н.И. Кравчени, В.А. Камейко, И.Т. Котовым были проведены испытания на центральное и внецентренное сжатие различных облегченных кладок на образцах высотой до 3,6 м. Все испытанные образцы многослойных стен имели симметричное расположение слоев. В годы войны и послевоенные годы испытания облегченных стен не проводились, но уже в конце 40-х — начале 50-х при участии В.М. Милонова были проведены экспериментальные исследования многослойных стен с несимметричным расположением слоев, а также колодцевых кладок на внецентренное сжатие (рис. 4.1.1) [4.1].

Первые испытания облегченных кладок на шлаковом растворе 1932 года показали, что их несущая способность по площади брутто до 5% ниже прочности сплошной кладки того же сечения.

Испытаниями столбов колодцевой кладки 1933 года было установлено, что *прочность кладки в стенах толщиной в 1/2 кирпича выше прочности кладки в более массивных стенах на 10–16%*. Это объясняется не только более высоким качеством тонких стен, но и характером разрушения кладки. Известно, что разрушение кладки при сжатии начинается с разрушения кирпичей от среза и изгиба вследствие неровности растворной постели и поверхности кирпичей. Это приводит к появлению вертикальных трещин, разделяющих кладку на отдельные столбики. Так как в тонких стенках толщиной в 1/2 кирпича перевязка кирпичей выполняется только в одном направлении, то и срез кирпичей возможен там тоже только в одном направлении. Вместе с тем, при расчете на сжатие тонких стенок в запас прочности принимается

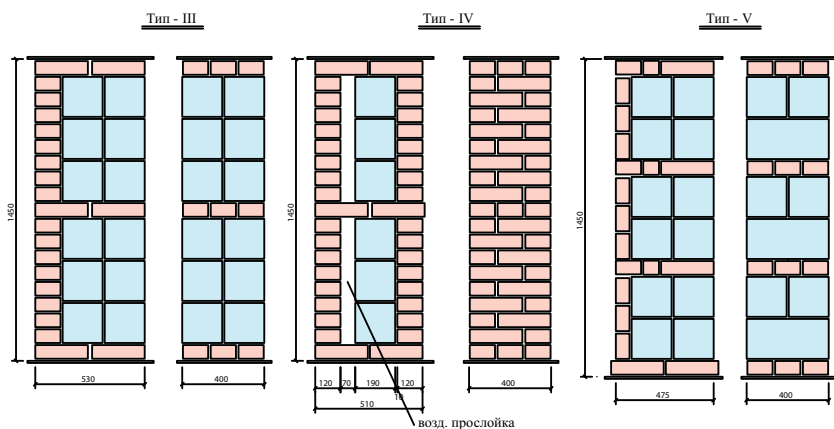


Рис. 4.1.1 Типы облегченных кладок с несимметричным расположением слоев, испытанные на центральное и внецентренное сжатие. (ЦНИИПС-ЦНИИСК, 1950-1952 гг.)

расчетное сопротивление кладки сжатию, определенное для массивных стен. Это объясняется тем, что влияние случайных факторов, таких как даже незначительное по количеству попадание в кладку отдельных кирпичей, имеющих несколько другую высоту или отличные деформационные характеристики, в тонких стенках может вызвать неравномерность вертикальных деформаций и затем срез кирпичей.

Испытанные в 1937 году облегченные стены состояли из двух кирпичных слоев толщиной в  $1/2$  кирпича каждый, соединенных гибкими стальными связями. Между кирпичными слоями засыпался шлак. Было установлено, что прочность кладки оказалась выше до 36% при центральном и до 23% при внецентренном сжатии по сравнению с массивной кладкой той же площади нетто. Здесь влияние на повышение прочности оказал не только описанный выше фактор, но и отсутствие среза поперечных стенок, как в случае колодцевых кладок, а также включение в работу засыпки, находящейся в кирпичной обойме.

Проведенные испытания показали, что **в первую очередь разрушается наиболее жесткий слой кладки**. Особенно ярко это проявляется при вертикальном нагружении трехслойных кладок с симметричным расположением слоев, средний слой которых выполнен из легкого бетона. Как правило, применяемый для этих целей монолитный бетон или кладка из легкобетонных камней обладают повышенной деформативностью и поэтому практически не включаются в работу на сжатие. В связи с этим в расчете многослойных стен не рекомендуется учитывать работу на

сжатие утеплителя с прочностью на сжатие менее 1,5 МПа.

В середине 80-х годов автором под руководством В.А. Камейко были проведены исследования многослойных кладок с применением высокопустотной керамики.

#### **4.2. Экспериментальные исследования прочности и деформаций комбинированной кладки из керамических камней высотой 14 см с горизонтальными пустотами (пустотностью 44,6%) с облицовкой керамическим кирпичом толщиной 8,8 см и с вертикальными пустотами (пустотностью 34%). Тип I**

##### *4.2.1. Цель работы*

Работа выполнялась в 1985—1986 годах. Целью работы было изучение возможности применения высокопустотных керамических камней с горизонтальными пустотами в комбинированной трехслойной кладке, где наружные слои выполняются из керамического кирпича с вертикальными пустотами.

Такая кладка значительно облегчала производство работ, попадание раствора в пустоты было минимальным. Благодаря облицовке из кирпича с вертикальными пустотами достаточно просто решались различные узлы стен, в том числе углы, оконные откосы, пилястры и т.п.

##### *4.2.2. Описание конструкций многослойной кладки и опытных образцов*

Было проведено две серии испытаний. В образцах обеих серий средний слой кладки выполнялся из 11-пустотного камня с горизонтальным расположением пустот. Характеристики камня и результаты испытаний кладки из него приведены в разделе 3.4.3.

Наружный и внутренний слои кладки имели толщину в полкирпича (12 см) и выполнялись из кирпича с вертикальными пустотами. Для получения прочностных и деформационных характеристик кирпича и кладки из него были проведены испытания на сжатие образцов в виде тонких стенок. Результаты испытаний кладки приведены ниже. Отличие образцов I-го и II-го типов состояло в том, что соединение внешних слоев кладки из кирпича с вертикальными пустотами у образцов I-го типа осуществлялось прокладными горизонтальными рядами из того же кирпича,

а у II-го типа – вертикальной диафрагмой.

Прочность раствора у двух образцов I-го типа составляла 2,5 МПа, а у двух других – 6,3 МПа. Прочность раствора у образцов II-го типа была 5,0 МПа.

Образцы I-го типа имели размеры  $0,51 \cdot 0,38 \cdot 0,91$  м, II-го –  $0,51 \cdot 1,1 \cdot 1,2$  м. Чертежи и фотографии образцов приведены на рис. 4.2.1–4.2.2.

Образцы испытывались на центральное сжатие.

#### 4.2.3. Испытание кладки из пустотелого кирпича с вертикальными пустотами

Исследование прочности и деформаций кладки из утолщенного кирпича с вертикальными пустотами (пустотностью 34%), выпускавшегося Норским комбинатом, преследовало две цели. Кладка из такого кирпича могла вестись как в сочетании с высокопустотными камнями или кирпичом, так и без них. В настоящее время кирпичи и камни средней пустотности нашли очень большое применение. В начале 80-х годов отечественные заводы практически не выпускали кирпич средней пустотности (с пустотностью 27%–38%), поэтому организация его выпуска предс-

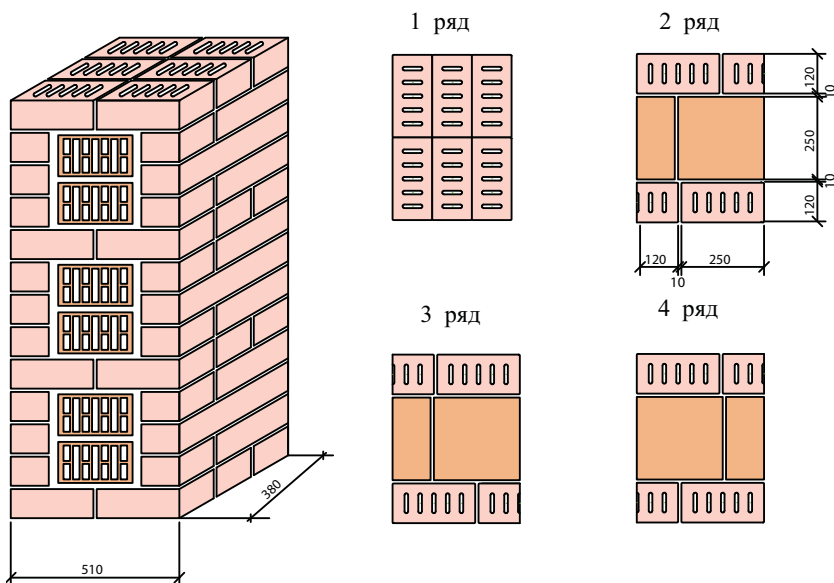


Рис. 4.2.1 а Опытный образец комбинированной кладки из камня с 11-ю горизонтальными пустотами (пустотность 44,6%) и наружными слоями из кирпича с вертикальными пустотами (пустотность 34%) (тип I), испытания автора, 1986 г.



Рис. 4.2.1 б Образцы трехслойной кладки с внутренним слоем из керамических камней высотой 120 мм с горизонтальными пустотами (пустотностью 44,6%) с двухсторонней облицовкой и перевязкой с внутренним слоем керамическим кирпичом высотой 88 мм с вертикальными пустотами (пустотностью 34%), подготовленные для испытаний на сжатие. Испытания автора ЦНИИСК им. Кучеренко, 1986 г.



Рис. 4.2.1 в Образец комбинированной кладки из камня с 11-ю пустотами (пустотность 44,6%) с наружным слоем из кирпича с вертикальными пустотами (пустотность 34%) (тип 2). Испытания автора, ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, 1986 г.

тавляла большой интерес.

На рис. 3.1.9 изображен исследуемый кирпич. Диаметр отверстий и ширина овальных пустот составляли у него 20 мм. По результатам испытаний 1986 года прочность кирпича на сжатие составила 14,5 МПа.

Было изготовлено и испытано пять образцов кладки, представляющих собой стенки толщиной в полкирпича. Размеры образцов составили  $0,12 \cdot 0,38 \cdot 0,7$  м. Фотографии образцов, сделанные после проведения их испытаний, показаны на рис. 4.2.2.

Была получена хорошая сходимость результатов. Временное сопротивление сжатию кладки всех образцов колебалось в пределах 7,12–7,75 МПа, что значительно выше значения временного сопротивления, принимаемого по [1.5] и равного 3,6 МПа для кирпича марки 150 на растворе М50.

Столь высокая разница объясняется хорошим качеством выполненных образцов и их небольшой толщиной (как было отмечено ранее, прочность кладки тонких стенок выше, чем массивной кладки).

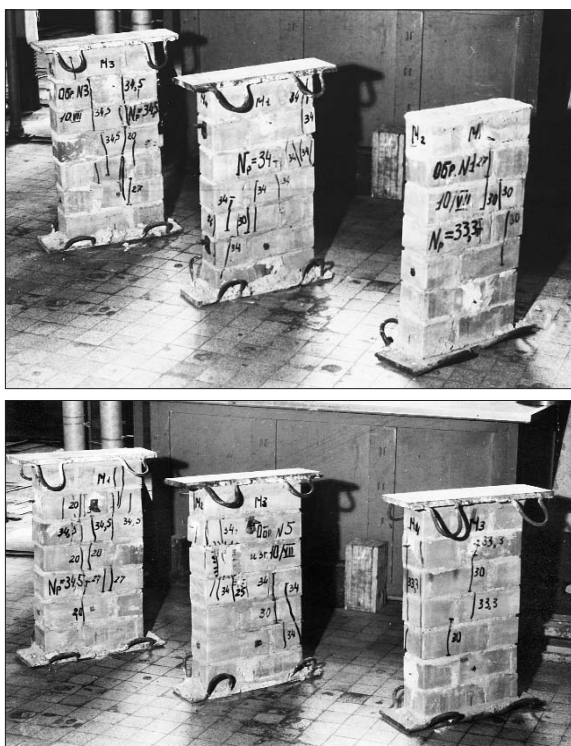


Рис. 4.2.2 Образцы размером  $0,12 \times 0,38 \times 0,7$  м из керамических кирпичей высотой 88 мм Норского комбината с вертикальными пустотами (пустотность 34%), испытанные на сжатие. Испытания автора, ЦНИИСК им. Кучеренко, 1986 г.

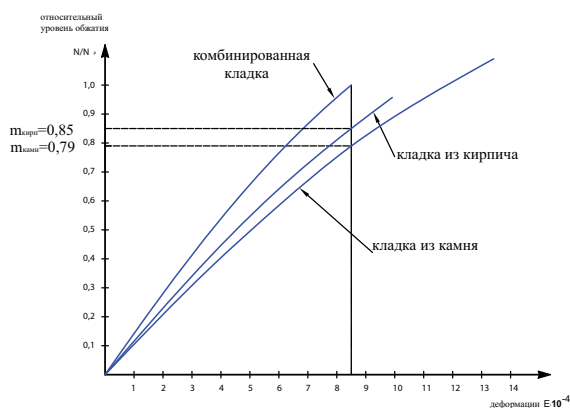


Рис. 4.2.3 Сводные графики деформаций кладки из камней с 11-ю горизонтальными пустотами (пустотность 44,6%) и наружными слоями из кирпича с вертикальными пустотами (пустотность 34%)

Характер разрушения образцов практически не отличался от характера разрушения кладки из полнотелого кирпича, хотя оно и было более хрупким. Первые трещины появились при нагрузке равной 0,74 от предельной. На рис. 4.2.3 показан график зависимости деформаций кладки от уровня ее обжатия. Полученная по нему упругая характеристика  $\alpha$  равна в среднем 1000.

#### *4.2.4. Характер разрушения образцов многослойной кладки*

Разрушение образцов в трех из них начиналось с появления трещин в кирпиче. Нагрузка в момент образования трещин имеет очень большой разброс от 0,36 до 0,91 от предельной. В образцах с прочностью раствора 2,5 МПа момент образования трещин составил в среднем 40%, а в образцах с прочностью раствора 6,3 МПа — 77% от предельного состояния. Трещины образовались как в кирпиче, так и в камне. Фотографии образцов после их испытания приведены на рис. 4.2.4 а, б, в.

Характер разрушения образцов I-го и II-го типов практически полностью совпал. Первые трещины в образцах II-го типа появились при нагрузке, равной 0,5 от предельной.

#### *4.2.5. Прочность многослойной кладки*

Несмотря на то, что в образцах I-го типа был использован раствор различной прочности (2,5 и 6,3 МПа), предельная нагрузка для всех четырех образцов оказалась абсолютно одинаковой и составила 770 кН. Этой нагрузке соответствует прочность кладки, равная 3,97 МПа. В образце II-го типа предельная нагрузка составила 1900 кН, чему соответствует прочность кладки 3,1 МПа.

Если бы прочность кладки всех слоев использовалась полностью, то несущая способность трехслойной кладки равнялась бы сумме несущих способностей всех слоев. По результатам испытаний кладки из камней с вертикальными пустотами, приведенными в разделе 3.4.3, несущая способность одной стенки толщиной 12 и длиной 40 см равна 340 кН. Несущая способность образцов сечением  $0,25 \cdot 0,38$  м кладки из керамических камней равна 243 кН. Таким образом, суммарная несущая способность трех слоев кладки должна была бы составить:

$$N = 2 \cdot 340 + 243 = 923 \text{ кН.}$$





Рис. 4.2.4 а Опытные образцы трехслойной кладки с внутренним слоем из керамических камней высотой 120 мм с горизонтальными пустотами (пустотность 44,6%) с облицовкой керамическим кирпичом высотой 88 мм с вертикальными пустотами (пустотность 34%), испытанные на сжатие. Испытания автора, ЦНИИСК им. Кучеренко, 1986 г.

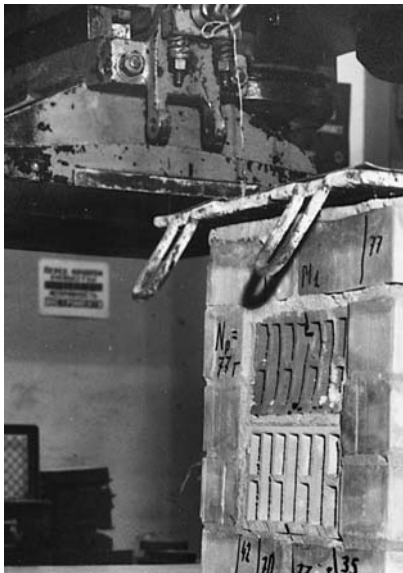


Рис. 4.2.4 б Опытные образцы трехслойной кладки с внутренним слоем из керамических камней высотой 120 мм с горизонтальными пустотами (пустотность 44,6%) с облицовкой керамическим кирпичом высотой 88 мм с вертикальными пустотами (пустотность 34%), испытанные на сжатие. Испытания автора, ЦНИИСК им. Кучеренко, 1986 г.



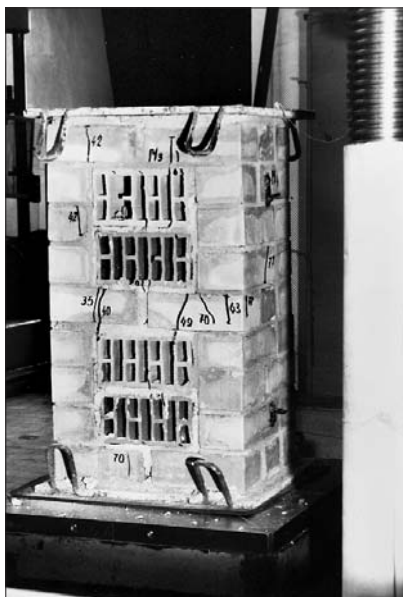


Рис. 4.2.4 в Опытные образцы трехслойной кладки с внутренним слоем из керамических камней высотой 120 мм с горизонтальными пустотами (пустотность 44,6%) с облицовкой керамическим кирпичом высотой 88 мм с вертикальными пустотами (пустотность 34%) тип I, испытанные на сжатие. Испытания автора, ЦНИИСК им. Кучеренко, 1986 г.

Полученное же из эксперимента значение равно 770 кН. Отсюда видно, что сумма несущих способностей отдельных слоев используется не полностью, в среднем только на 83%. Объяснение этого может быть получено из сопоставления их деформационных характеристик.

#### 4.2.6. Упругие свойства многослойной кладки

На рис. 4.2.3 изображен сводный график зависимости вертикальных деформаций трехслойной комбинированной кладки первого типа от относительного уровня обжатия, построенный по результатам испытаний четырех образцов. Модуль упругости кладки при уровне напряжений  $\sigma = 0,2 R_u$  равен 5290 МПа. Упругая характеристика

кладка при этом равна 1300.

Для получения коэффициента использования прочности кладки каждого из слоев там же на рис.4.2.3 приведен сводный график деформаций комбинированной кладки и каждого ее слоя.

На этих графиках видно, что **к моменту разрушения образцов из комбинированной кладки предельные деформации не достигнуты ни одним из слоев. Коэффициент использования прочности кладки из камней с 11-ю горизонтальными пустотами  $m_{\text{кам.}}$  составил 0,79 и из кирпича с вертикальными пустотами  $m_{\text{кир.}} = 0,85$ .**

Следует учитывать, что упругие свойства кладки имеют значительно больший разброс, чем их прочностные характеристики, поэтому полученные значения являются достаточно условными.

## Выводы

1. Коэффициенты использования прочности кладки отдельных слоев  $m$ , составляющих комбинированную кладку с внут-

ренным слоем из камней с 11-ю горизонтальными пустотами с наружными слоями из кирпича с вертикальными пустотами, равны 0,79 и 0,85 соответственно для внутреннего слоя и наружных слоев. Эти коэффициенты подставляются в формулу (4.4.2) при расчете кладки, как многослойной в соответствие с разделом 4.4.

2. При прочности раствора  $R_2 \geq R_2'' = 2,5$  МПа в расчет принимается  $R_2 = 2,5$  МПа.

#### **4.3. Экспериментальная проверка прочности и деформаций комбинированной трехслойной кладки из керамических камней с 11-ю вертикальными пустотами (пустотность 44,6%) и наружными слоями из кирпича с вертикальными пустотами (пустотность 34%). Тип II**

Была проведена экспериментальная проверка прочности и деформаций комбинированной трехслойной кладки из 11-ти пустотных камней Норского комбината с вертикальными пустотами (пустотность 44,6%) и наружными слоями из кирпича с вертикальными пустотами (пустотность 44,6%) того же комбината. Чертежи камня и кирпича приведены на рис. 3.1.9 и 3.1.12, соответственно. В силу ограниченности количества экспериментальных образцов данные этого раздела носят предварительный характер.



Соединение слоев осуществлялось вертикальной диафрагмой из того же кирпича.

Целью эксперимента было сравнение прочностных и деформационных характеристик испытываемой кладки с аналогичной при горизонтальном расположении пустот в камне и описанной выше.

Размеры образца составили  $0,51 \cdot 1,20 \cdot 1,10$  м. Вертикальная диафрагма, соединяющая внешние слои кладки, была расположена по цент-

*Рис. 4.3.1 Опытный образец комбинированной трехслойной кладки из керамического камня с 11-ю пустотами с внешними слоями из керамического кирпича с вертикальными пустотами, соединенными вертикальной диафрагмой из того же кирпича. Испытания автора, ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, 1986 г.*

ральной оси образца. Толщина диафрагмы 12 см. Прочность раствора 5 МПа.

Нагрузка, при которой произошло разрушение образца, составила 2500 кН. Первые трещины появились при нагрузке 1750 кН, что составляет 70% от предельного. По сравнению с кладкой из камня с горизонтальными пустотами предельная нагрузка оказалась выше в 1,3 раза.

Фотография образца после испытаний приведена на рис. 4.3.1.

#### 4.4. Анализ результатов проведенных исследований

При обжатии фрагмента стены из многослойной кладки в прессе, где деформации сдвига слоев кладки относительно друг друга существенно ограничены, условия более близки к работе нижнего этажа. В верхних и средних этажах наиболее вероятен сдвиг слоев относительно друг друга. Исследования многослойных стен при сдвиге изложены в главе 5.

Анализ результатов проведенных исследований показал следующее.

*Существует два основных случая разрушения многослойной облегченной кладки нижних этажей при сжатии. В первом случае разрушение происходит за счет отслоения тонких кирпичных стенок вследствие разрушения поперечных связей (вертикальных или горизонтальных кирпичных диафрагм, вырыва арматурных гибких связей и т.п.).*

На рис. 4.4.1 показаны графики относительных деформаций кладки из трехпустотных шлакобетонных камней с облицовкой кирпичом в зависимости от уровня ее обжатия нагрузкой  $N$  ( $N_p$  — разрушающая нагрузка). На них видно, что в момент достижения предельного состояния многослойной кладкой предельные деформации слоев из камней и кирпича не достигнуты. Так, для кладки типа Ш при центральном сжатии деформации в слое из камня достигли только 0,89 своей предельной величины. Отсюда может быть получен коэффициент  $m$ , характеризующий неполное использование слоя, равный 0,89 для данной конструкции кладки и материалов.

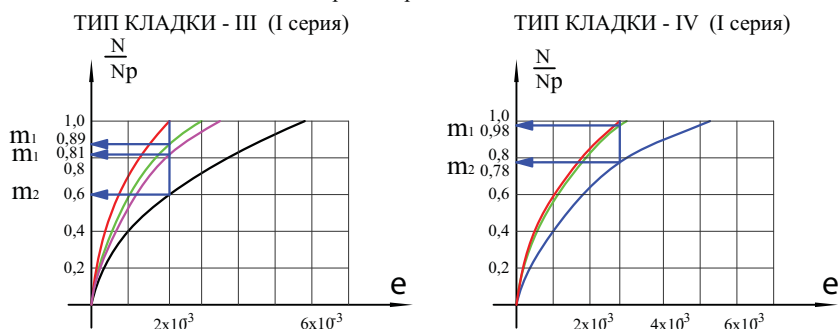
В случае, когда поперечные связи между слоями кладки оказываются относительно прочными, происходит разрушение наиболее жесткого слоя кладки. Таким слоем в облегченных стенах является, как правило, тонкая кирпичная наружная стенка.

На рис. 4.2.4 а хорошо видно, что в комбинированной трехс-

лойной кладке из 11-пустотного камня с горизонтальными пустотами с облицовкой кирпичом с вертикальными пустотами основные трещины проходят по наружным слоям кладки из кирпича с вертикальными пустотами. Кладка кирпича имеет несколько больший модуль упругости за счет ее более высокой прочности, чем кладка среднего слоя из 11-ти пустотных керамических камней с горизонтальными пустотами. Более того, на момент разрушения комбинированной кладки в кладке из 11-ти пустотных камней трещин почти нет, что говорит о неполном использовании ее прочности (при испытании кладки из этих камней первые трещины появились в среднем при уровне обжатия, равном 0,84 от разрушающей нагрузки). Как отмечалось выше (рис. 4.2.4), коэффициент использования кладки наружных слоев составил 0,85 и среднего слоя – 0,79.

Таким образом, в обоих случаях разрушение многослойной облегченной кладки наступает до того, как будет исчерпана несущая способность менее жесткого слоя, каким, как правило, явля-

Сводные графики деформаций кладки  
при центральном сжатии



Типы кладок приведены на рис 4.1.

Рис. 4.4.1 Сводные графики деформации кладки из шлакобетонных камней с облицовкой кирпичом. По испытаниям Милонова В.М. ЦНИИСК им В.А. Кучеренко (ЦНИПС), Москва, 1952 г.

ется слой из конструкционного теплоизоляционного материала. Хотя в ряде случаев, например при лицевом слое из силикатного кирпича и основного из камней из автоклавного ячеистого бетона, с маркой по прочности выше 25, наоборот, прочность кладки из силикатного кирпича используется не полностью. Это происходит из-за того, что жесткость кладки из силикатного кирпича оказывается в этом случае несколько меньшей, чем кладки из ячеистобетонных камней.

В нормативных документах [1.5], [1.6] расчет многослойных облегченных стен сплошного сечения на вертикальную нагрузку производится с применением формул для обычной кладки с введением ряда коэффициентов, учитывающих особенности работы таких кладок.

Неполное использование прочности какого-либо слоя в многослойной кладке можно учесть, приведя площадь горизонтального сечения рассчитываемого участка стены к одному материалу:

$$A_{\text{пр}} = A + \sum A_i m_i, \quad (4.4.1)$$

где  $A$  — площадь горизонтального сечения слоя, к которому приводится сечение;

$A_i$  — фактические площади горизонтальных сечений слоев из разных материалов;

$m_i$  — коэффициент приведения.

Вообще говоря, приведение площади одного материала к другому с разной степенью точности можно осуществлять исходя из разных предпосылок:

- по соотношению модулей упругости кладки слоев;
- по соотношению модулей деформаций, зависящих от уровня обжатия кладки;
- по соотношению временных сопротивлений кладки слоев;
- по соотношению временных сопротивлений кладки слоя толщиной в 1/2 кирпича и других слоев (для соответствующих видов кладок).

Очевидно, что наиболее корректно будет приведение площадей по соотношению модулей деформаций, зависящих от уровня обжатия кладки. Вместе с тем, многочисленные исследования показали, что для всех упомянутых выше случаев приведения площади сечения к материалу одного слоя отклонения не превышают 15% и поэтому было предложено приведенную площадь определять исходя из расчетного сопротивления кладки сжатию, что значительно упрощает расчеты.

До последнего времени в нормативных документах [1.5], [1.6], [4.2] при расчете стен из многослойной кладки различали два основных случая соединения слоев кладки между собой – жесткое и гибкое. В [1.5] связи между слоями кладки считаются жесткими в следующем случаях:

- слои соединены между собой вертикальными диафрагмами из тычковых кирпичей с шагом не более 120 см или горизонтальными кирпичными диафрагмами при расстоянии между ними по высоте не более 62 см.;
- при использовании в качестве утеплителя монолитного бетона с пределом прочности на сжатие не менее 0,7 МПа.

В противном случае соединение слоев считается гибким.

При жестком соединении слоев производится расчет сечения, приведенного к материалу одного из слоев, как правило, являющегося несущим. При этом толщины слоев сохраняются прежними, а изменяется только их ширина:

$$b_{red,i} = \frac{m_i R_i}{m R}, \quad (4.4.2)$$

где  $b_{red,i}$  – приведенная ширина  $i$ -го слоя;

$R$ ;  $m$  – расчетное сопротивление сжатию и коэффициент использования прочности слоя, к которому приводится сечение;

$R_i$ ;  $m_i$  – расчетное сопротивление  $i$ -го слоя.

Расчет стен с жесткими связями на центральное и внецентренное сжатие [1.5] производится по тем же формулам, что и для сплошной кладки с подстановкой в них приведенных значений площади поперечного сечения и расчетного сопротивления кладки слоя, к которому приводится сечение, умноженного на коэффициент использования его прочности  $m$ :

при центральном сжатии:

$$N \leq m_g \cdot \varphi \cdot m \cdot R \cdot A_{red}; \quad (4.4.3a)$$

при внецентренном сжатии:

$$N \leq m_g \cdot \varphi_1 \cdot m \cdot R \cdot A_{c,red} \cdot \omega, \quad (4.4.3b)$$

где  $N$  – вертикальное усилие, приложенное к рассматриваемому элементу;

$m_g$  – коэффициент, учитывающий влияние длительной составляющей нагрузки;



$A_{red}$  — площадь приведенного сечения элемента;

$A_{c,red}$  — площадь сжатой части приведенного сечения;

$\varphi$  — коэффициент продольного изгиба при центральном сжатии, определяемый по [1.5];

$\varphi_I$  — коэффициент продольного изгиба при внецентренном сжатии, определяемый как среднее арифметическое между величиной продольного изгиба при центральном сжатии всего сечения  $\varphi$  и его сжатой части  $\varphi_c$ :

$$\varphi_I = (\varphi + \varphi_c) / 2 ; \quad (4.4.4)$$

$\omega$  — коэффициент, учитывающий повышение прочности внецентренно сжатой кладки за счет сдерживания поперечных деформаций менее загруженными участками кладки.

Коэффициент  $\omega$  в [1.5] предложено определять, как и для сплошной кладки. Такой подход является некорректным для стен, слои которых соединены вертикальными или горизонтальными диафрагмами, а также с заполнением пространства между слоями утеплителем, прочность которого существенно ниже прочности кладки основного несущего слоя. Дело в том, что коэффициент  $\omega$  показывает увеличение прочности внецентренно сжатой кладки за счет сдерживания поперечных деформаций участками с менее обжатой кладкой. В случае соединения слоев дискретно расположенными диафрагмами или существенно менее прочным слоем легкого бетона сдерживания деформаций кладки одного слоя другим не произойдет. Таким образом, коэффициент должен в этом случае быть отнесен не ко всему приведенному сечению, как это регламентирует [1.5], а к каждому из рассматриваемых слоев.

При выполнении кладки из высокопустотных камней, кирпича и камней с горизонтальными пустотами сдерживания поперечных деформаций более нагруженных участков стены менее нагруженными также практически не происходит. В этом случае коэффициент следует принимать также равным 1,0.

Коэффициенты  $\varphi$ ,  $\varphi_I$  и  $m_g$  принимаются для материала, к которому приводится сечение. При гибком соединении слоев коэффициенты  $\varphi$ ,  $\varphi_I$  и  $m_g$  в соответствии с [1.5] следует определять для условной толщины, равной сумме толщин двух конструктивных слоев, умноженных на коэффициент 0,7. Такой подход представляется также не совсем обоснованным для стен, у которых толщина одного из слоев превышает толщину другого слоя. Так, если кладка толщиной 64 см облицована в полкирпича, то при этом коэффициент продольного изгиба должен быть вычислен для се-

чения толщиной  $0,7 (64 + 12) = 53$  см, т.е. даже меньше прежнего. Думается, более корректным будет назначение коэффициента по сечению несущего слоя плюс половина толщины других конструктивных слоев:

$$h_{\text{усл.}} = h_{\text{нес.}} + 0,5 \sum h_{\text{нес.}} \quad (4.4.5)$$

При самонесущих стенах за основной слой выбирается тот, приведенная площадь сечения которого выше.

Для определения коэффициента продольного изгиба требуется знать упругую характеристику кладки, представляющую из себя коэффициент пропорциональности между ее модулем упругости и расчетным сопротивлением сжатию. Для многослойной кладки принимается приведенная упругая характеристика кладки, равная:

$$\alpha_{\text{ред}} = \frac{\alpha_1 h_1 + \alpha_2 h_2}{h_1 + h_2}, \quad (4.4.6)$$

где  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  — упругие характеристики кладки слоев;  
 $h_1$  и  $h_2$  — толщины слоев.

Как уже отмечалось, разрушение может наступить либо от истощения несущей способности кладки одного или нескольких слоев, либо от разрушения связей между слоями. В последнем случае может произойти разрушение одного или нескольких разделившихся между собой слоев кладки, вызываемое комплексом причин, среди которых уменьшение момента инерции сечения и прекращение перераспределения нагрузки между слоями.

Известно много случаев отслоения облицовки, особенно многоэтажных зданий, проектирование которых было выполнено по [1.5]. С необходимостью возведения многослойных облегченных стен высотой более трех этажей, особенно с применением эффективных утеплителей, помещаемых за лицевым слоем кладки, возникли проблемы с расчетом и конструированием и таких стен. Основная проблема здесь заключается в возрастании температурно-влажностных деформаций находящихся в разных условиях слоев кладки, суммирующихся с силовыми деформациями. В результате разности вертикальных деформаций слоев кладки возможно разрушение связей между ними — срез кирпичных вертикальных или горизонтальных диафрагм, вырыв стальных связей и т.п.

Поэтому расчет по несущей способности стен из многослойной облегченной кладки по приведенной выше методике возмо-

жен только при условии проверки прочности связей (кирпичных диафрагм и т.п.) между слоями на сдвиг от разности вертикальных силовых и температурно-влажностных деформаций и учета поэтапности возведения.

В главе 8 дана методика расчета многослойных стен, основанная на приведенной в настоящей главе методике, позволяющая учитывать температурно-влажностные деформации и ползучесть кладки. Там будет показано, что в пределах этажа эти деформации оказывают существенное влияние. За счет них происходит не только изменение вертикальных усилий в слоях стены, но и возникают дополнительные изгибающие моменты.

Для многоэтажных стен с гибкими связями необходим также расчет связей на вырыв вследствие возникновения в них горизонтальных усилий от температурно-влажностных деформаций, ветровой нагрузки, изгиба слоев из плоскости, крена стен и т.д. (см. главу 9).