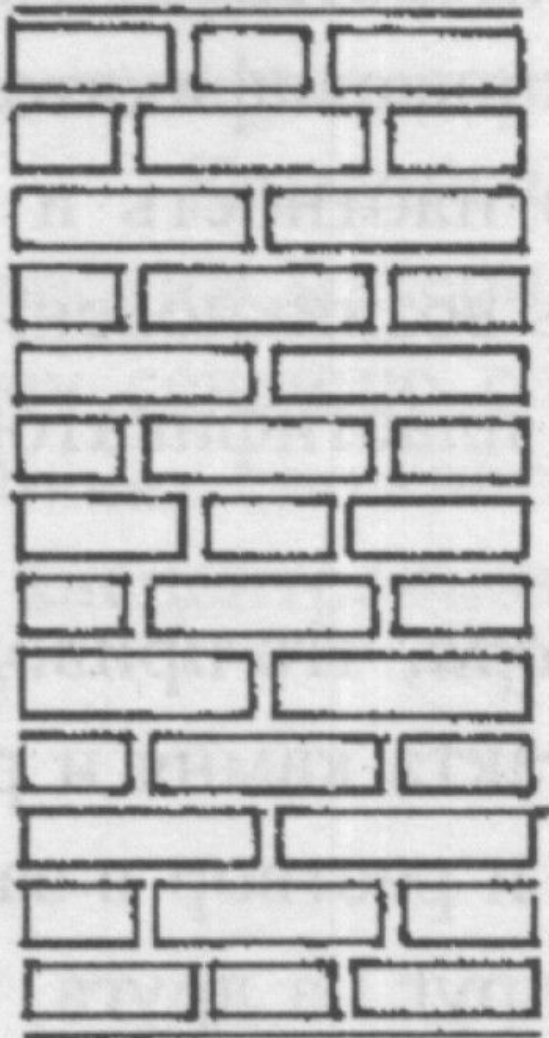


Четыре стадии работы кладки под нагрузкой при сжатии

Первая стадия соответствует нормальной эксплуатации кладки.

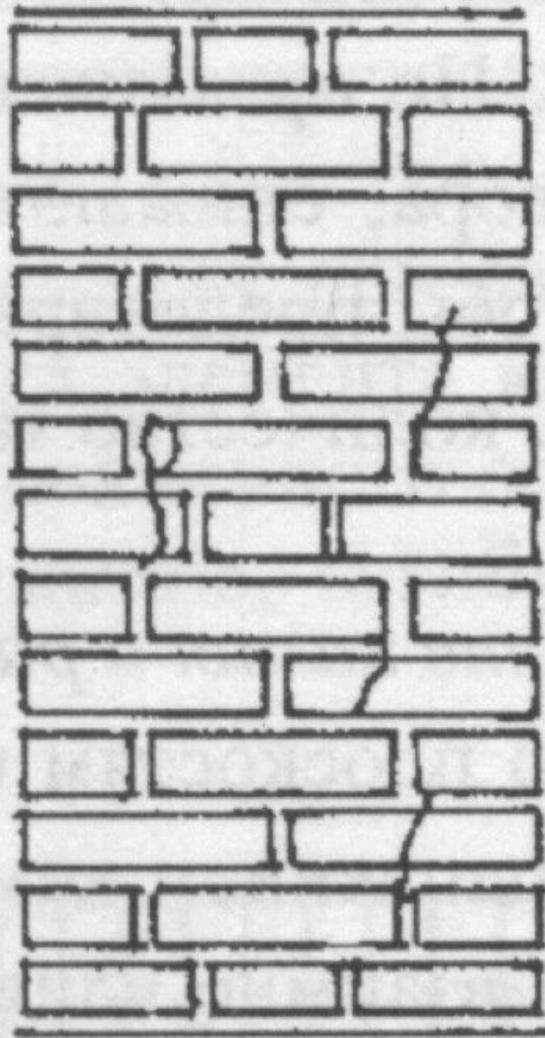
Во второй стадии появляются небольшие трещины в отдельных кирпичках (*рис.2.3,б*). Нагрузка в этой стадии составляет **60-80%** от разрушающей и дальнейшего развития трещин при неизменной нагрузке не наблюдается.

$N < N_{TP}$



a

$N = N_{TP}$



b

Величина нагрузки, при которой появляются первые трещины, зависит от механических свойств кирпича, конструкции кладки и деформативных свойств раствора.

Чем меньше деформативность раствора, тем более хрупкой оказывается кладка, т.е. тем ближе N_{tr} к N_p .

Цементные растворы более жесткие; известковые более деформативны.

Повышение хрупкости кладки с увеличением ее возраста и при применении малодеформативных растворов должно учитываться при оценке ее запасов прочности поврежденной кладки.

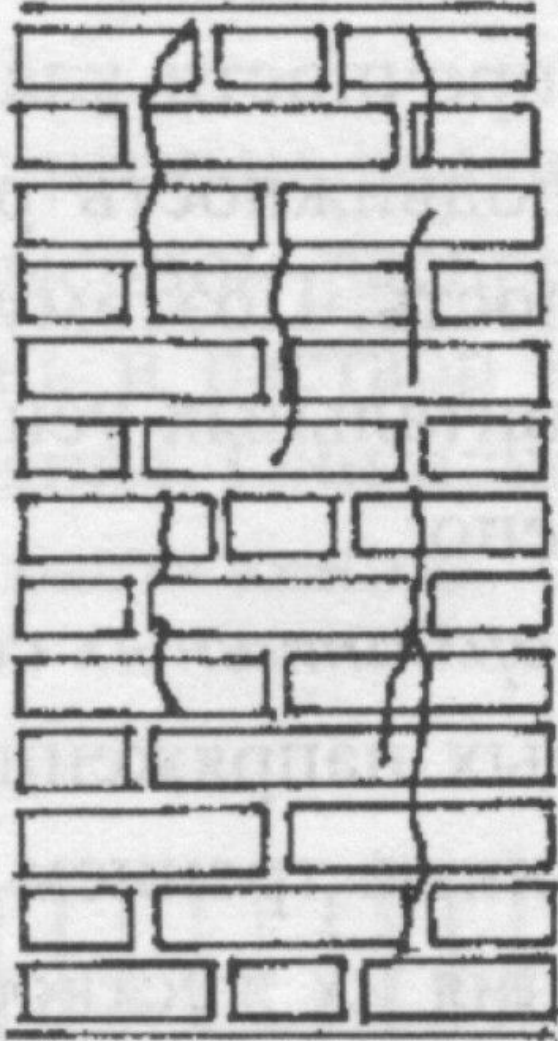
Так, если трещины появляются в кладке большого возраста изготовленной на цементном растворе, то это свидетельствует о ее перегрузке.

В любом случае *появление первых трещин* должно рассматриваться как сигнал для установления причин их появления и, если потребуется, усиления кладки или снижению на нее нагрузок.

Третья стадия работы кладки (рис.2.3,в) возникает при увеличении нагрузки после появления первых трещин, при которой происходит как их развитие, так и возникновение, и развитие новых трещин.

Трещины соединяются между собой, пересекая значительную часть кладки в вертикальном направлении и постепенно расслаивая ее на отдельные ветви, каждая из которых находится в условиях внецентренного нагружения.

$N_p < N_c < N_p$



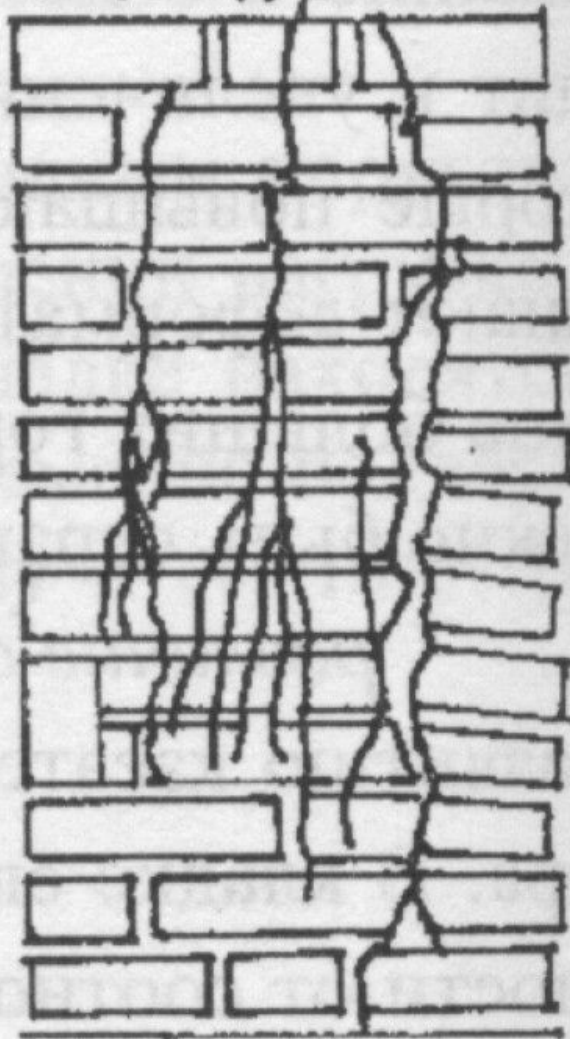
8

Четвертая стадия – стадия разрушения от потери устойчивости расчлененной кладки возникает при длительном действии нагрузки третьей стадии

В естественных условиях третья стадия является началом окончательного разрушения кладки.

Возникшие в этой стадии сквозные трещины не стабилизируются, а продолжают развиваться и увеличиваться без увеличения нагрузки.

$$N = N_p$$



2

Действительная разрушающая нагрузка составляет **80-90%** от экспериментальной разрушающей нагрузки.

Возникновение первых трещин в кладке вызывается напряжениями изгиба и среза отдельных кирпичей при напряжениях сжатия **15-25%** от предела прочности кирпича на сжатие.

Деформации изгиба отдельных кирпичей достигают $0,1...0,4\text{мм}$ (рис.2.4), которые при учете хрупкости кирпича являются чрезмерными.

Причиной изгиба и среза кирпича в кладке при сжатии является неравномерная плотность раствора в швах.

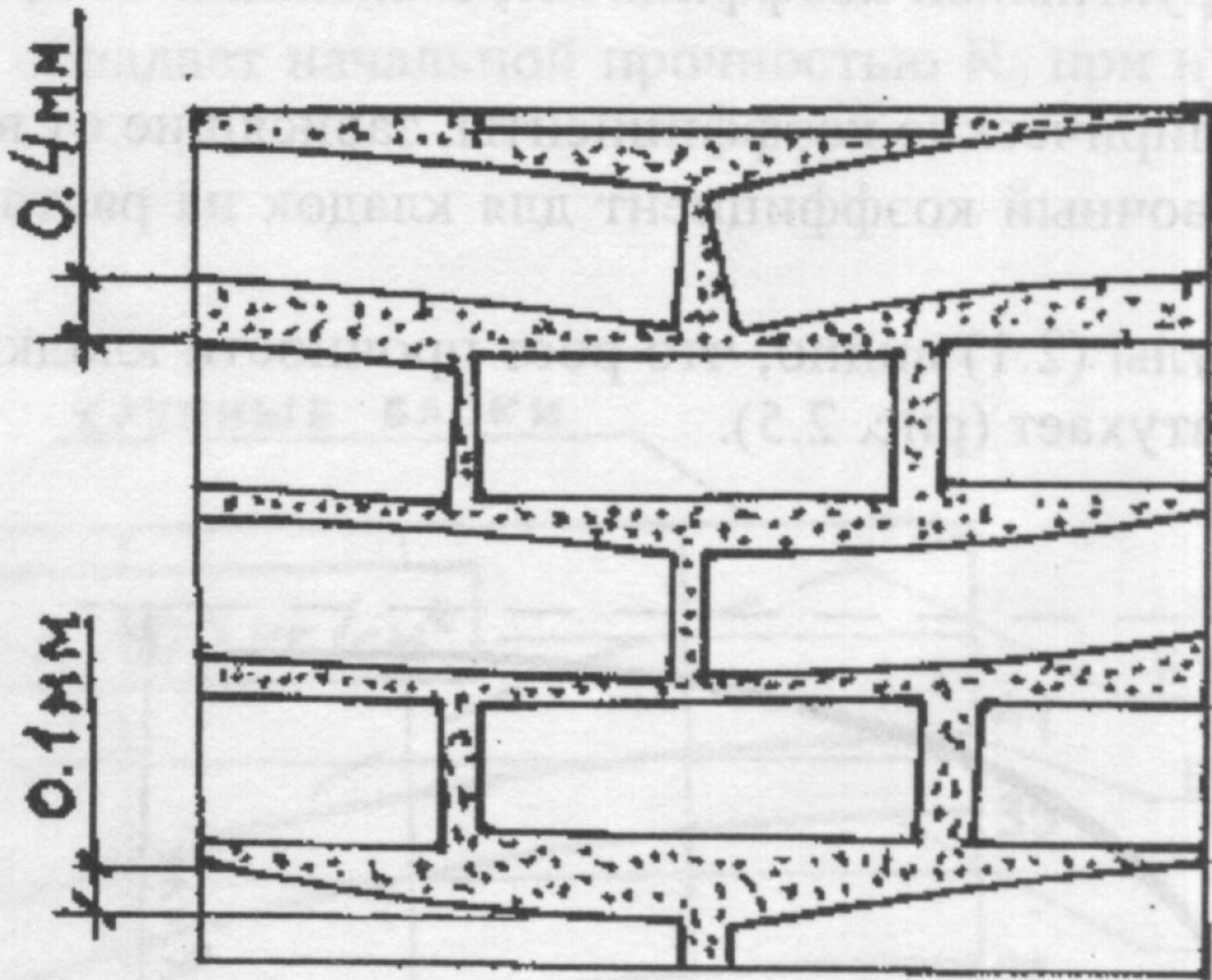


Рис. 2.4.

Последовательность разрушения кладки, выполненной из камней других видов подобна разрушению кирпичной кладки.

С увеличением высоты камня *увеличивается хрупкость кладки* и момент появления первых трещин приближается к моменту разрушения.

ПРОЧНОСТЬ КЛАДКИ ПРИ ЦЕНТРАЛЬНОМ СЖАТИИ

Так как разрушение кладки всегда происходит в результате потери устойчивости гибких столбиков, образовавшихся после ее растрескивания, поэтому прочность кладки при очень прочном растворе всегда меньше прочности кирпича (камня) на сжатие.

Теоретическая максимальная прочность кладки на растворе с пределом прочности $R_2 = \infty$ называется конструктивной прочностью кладки R^k .

Конструктивная прочность кладки равна пределу прочности камня на сжатие R , умноженному на конструктивный коэффициент $A < 1$:

$$R^k = A \cdot R_1$$

Фактическая прочность кладки значительно меньше конструктивной. Кроме марки кирпича R_1 , на прочность кладки оказывает влияние марка раствора R_2 и вид кладки.

Прочность кладки по эмпирической формуле, предложенной проф. Л.И. Онищиком:

$$R = A \cdot R_1 \cdot \left(1 - \frac{a}{b + \frac{R_2}{R_1}} \right) \cdot \eta,$$

где R_1 и R_2 – соответственно пределы прочности камня и раствора (марки камня и раствора);

A – конструктивный коэффициент, зависящий от прочности камня и его вида ($A < 1$);

a и b – эмпирические коэффициенты, зависящие от вида кладки;

η – поправочный коэффициент для кладок на растворах низких марок.

Из этой формулы видно, что рост прочности кладки с увеличением марки раствора затухает (рис.2.5).

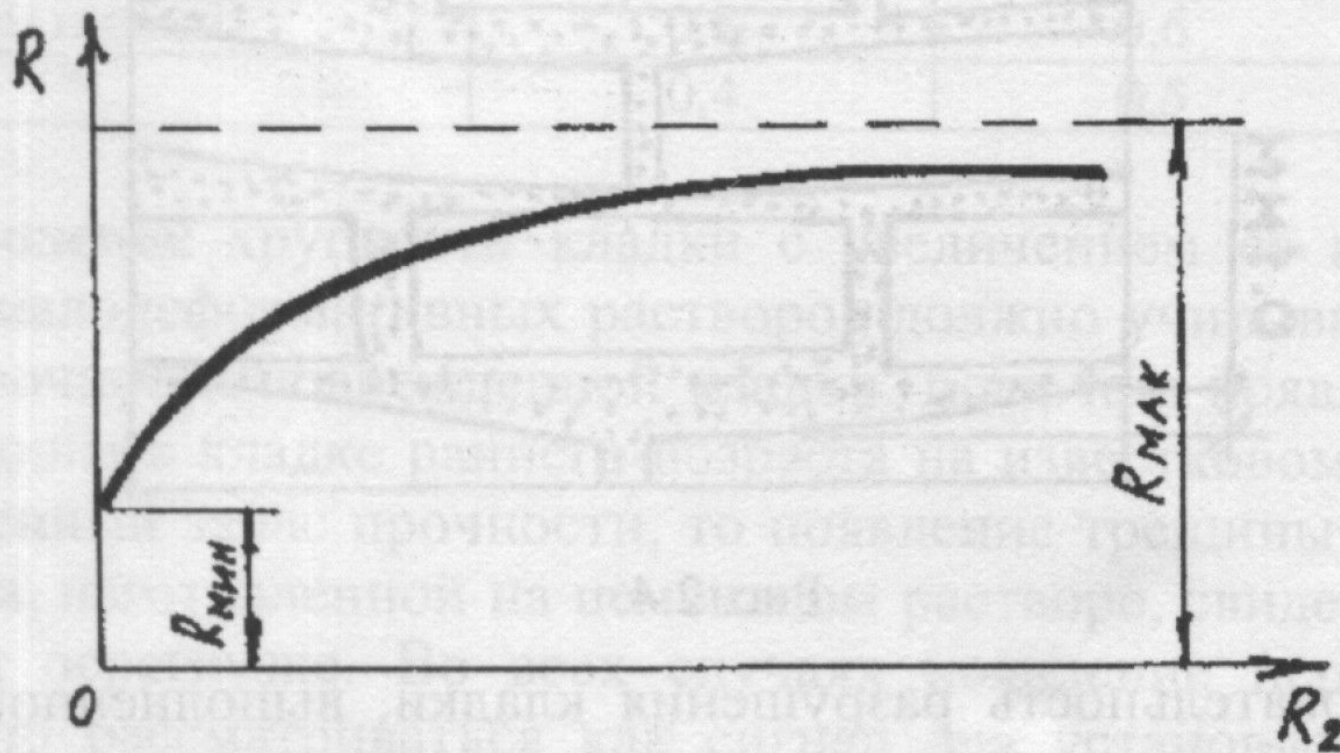


Рис. 2.5. Зависимость прочности кладки при сжатии от прочности раствора

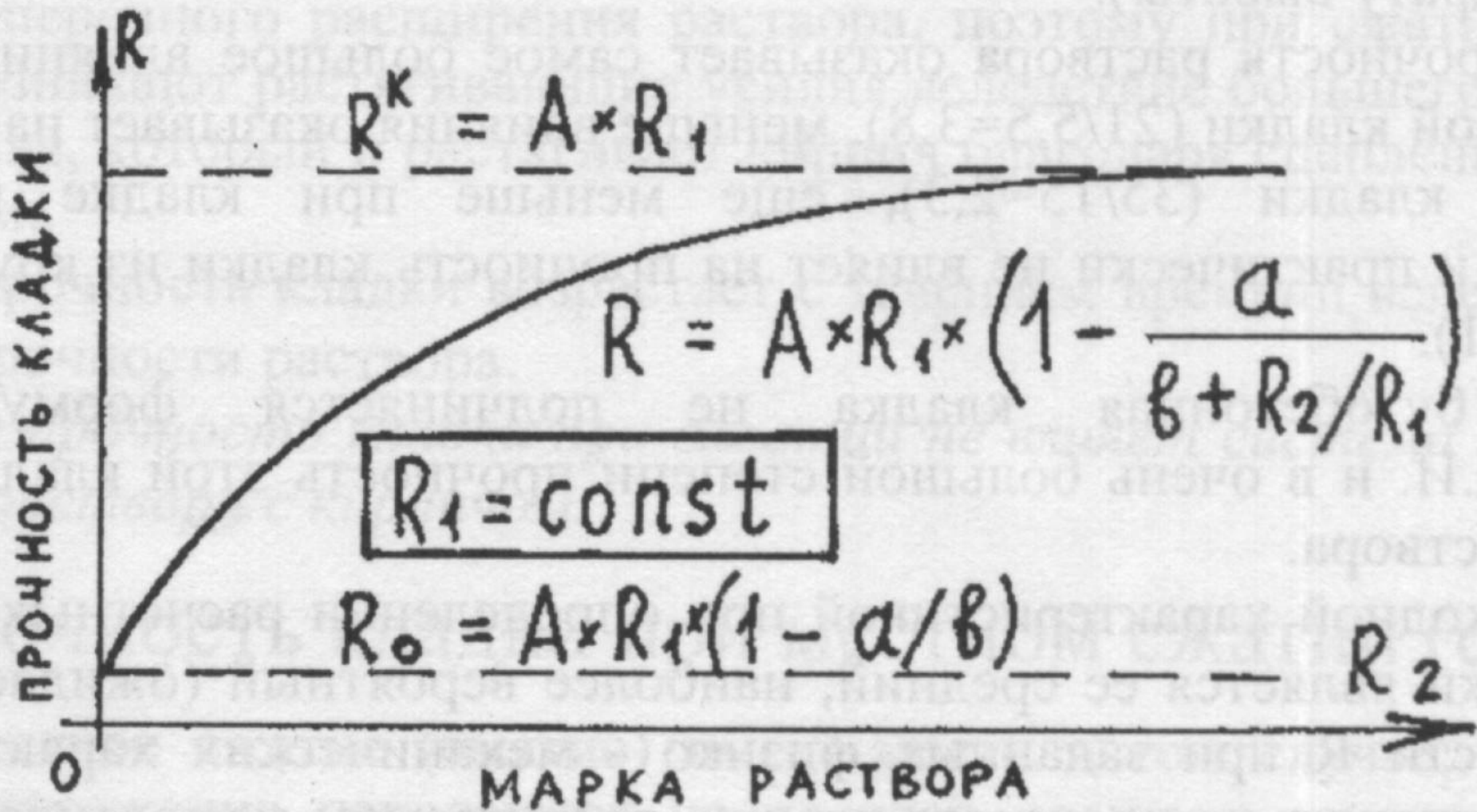


Рис. 2.6.

При $R_1 = \text{const}$ зависимость для R показана на *рис.2.1*. Если $R_2 = 0$, то

$$R_0 = A \cdot R_1 \cdot \left(1 - \frac{a}{b}\right); \quad \frac{a}{b} < 1,$$

где R_0 – прочность кладки на свежесуложенном растворе.

Если $R_2 = \infty$, то $R = A \cdot R_1$, где $A < 1$, т.е. меньше R_1 .

Из графика (рис.2.6) следует:

Во-первых, кладка обладает начальной прочностью R_0 даже при нулевой прочности раствора;

Во-вторых, даже при самых прочных растворах прочность камня используется не полностью (**10-30%**), т.к. $A < 1$.

Поэтому применение для обычных кладок растворов высоких марок (более 75) неэкономично.

На рис.2.7 показаны графики зависимости прочности разных кладок при прочности камня $R_1 = 100 \text{ кг/см}^2$ (марка камня 100).

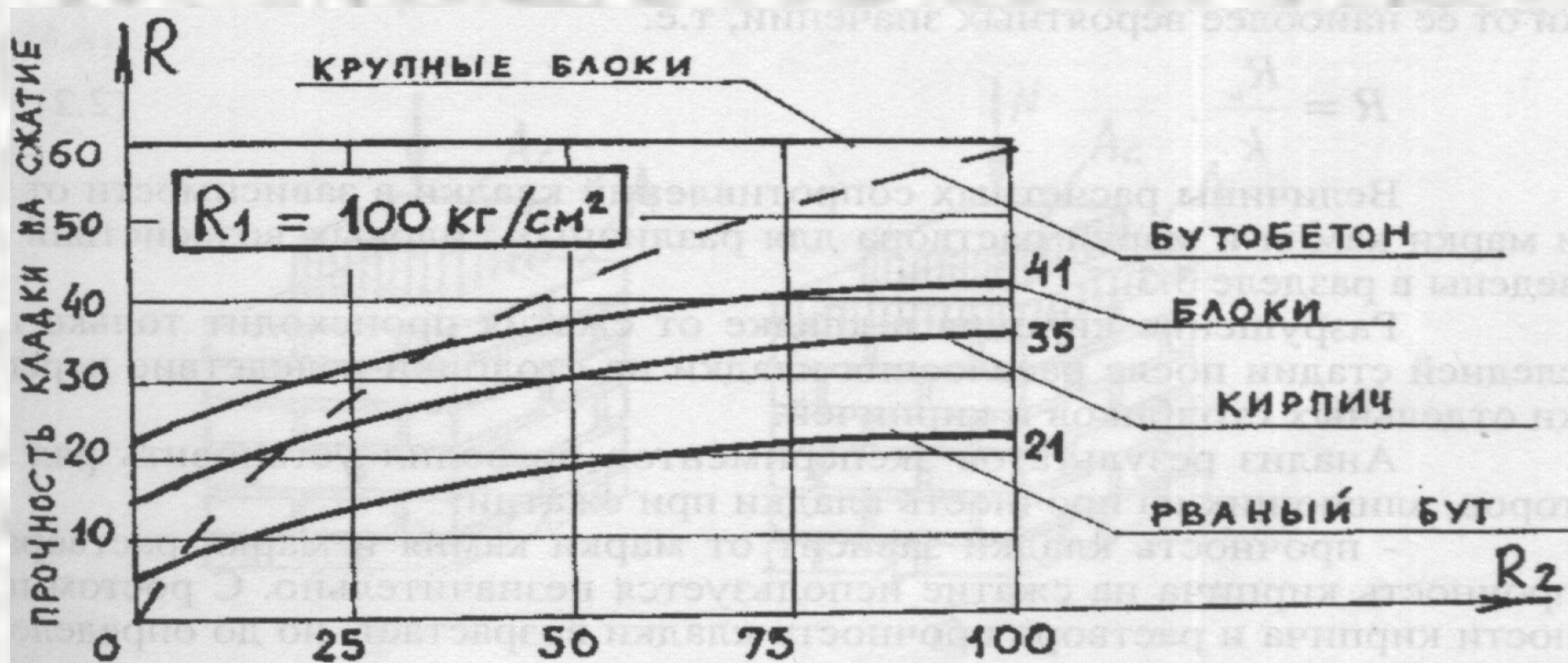


Рис. 2.7.

Выводы из графика на рис. 2.7:

- Прочность кладки меньше всего используется в бутовой кладке из-за неровности постели рваного бута;
- Прочность кладки из камней правильной формы возрастает с увеличением высоты камня (возрастает сопротивление камня изгибу, т.к. момент сопротивления возрастает пропорционально квадрату высоты);

- Прочность раствора оказывает самое большое влияние на прочность бутовой кладки ($21/5,5=3,8$), меньше на прочность кирпичной кладки ($35/15=2,3$), еще меньше на кладку из блоков ($41/24=1,7$) и практически не влияет на кладку из крупных блоков ($60/60=1$).
- Прочность бутобетонной кладки в очень большой степени зависит от марки раствора.

Расчетное сопротивление кладки R определяется делением среднего (ожидаемого) предела прочности кладки R_u на коэффициент безопасности, учитывающий статистические и др. факторы, которые могут вызвать неблагоприятные отклонения прочности кладки, т.е.

$$R = \frac{R_u}{k}$$

Разрушение кирпича в кладке от сжатия происходит только в последней стадии после расслоения кладки на столбики вследствие перегрузки отдельных столбиков и кирпичей.

Экспериментально установленные факторы, влияющие на прочность кладки при сжатии:

- прочность кладки зависит от марки камня и марки раствора, но прочность кирпича на сжатие используется незначительно. С увеличением прочности кирпича и раствора прочность кладки возрастает до определенного предела;

При сжатии отдельные кирпичи в кладке работают на изгиб и срез, поэтому марка кирпича устанавливается из его прочности на сжатие и изгиб. Изгиб и срез отдельных кирпичей происходит вследствие неравномерной плотности раствора в шве; в бóльшей степени это проявляется при слабых растворах;

На прочность кладки влияют:

- форма поверхности кирпича и толщина шва: чем ровнее кирпич и тоньше шов, тем прочнее кладка;
- размер сечения кладки (толщина стены): при уменьшении размеров сечения кладки ее прочность возрастает (отчасти из-за уменьшения количества швов);
- различие деформативных свойств кирпича и раствора.

Поперечное расширение кирпича при сжатии в 10 раз меньше поперечного расширения раствора, поэтому при сжатии кладки в кирпиче возникают растягивающие усилия в результате бóльшего удлинения раствора шва, который и растягивает кирпич из-за сцепления кирпича с раствором;

Прочность кладки возрастает с течением времени вследствие возрастания прочности раствора.

Деформативность каменной кладки

Деформации в каменной кладке:

- Объемные во всех направлениях, вследствие усадки раствора и камня или от изменения температуры;
- Силовые, развивающиеся, главным образом, вдоль направления действия сил.

Усадочные деформации кладки ε_{st} зависят от материала кладки. Для бетонных камней и силикатного кирпича $\varepsilon_{st}=3\cdot 10^{-4}$, а для глиняного кирпича усадку можно не учитывать в виду ее малости.

Температурные деформации кладки также зависят от материала кладки. Для глиняного кирпича $\alpha_t=0,5\cdot 10^{-5}$, а для силикатного кирпича и бетонных камней $\alpha_t=1\cdot 10^{-5}$.

Каменная кладка является упругопластическим материалом.

Полные деформации кладки:

$$\varepsilon = \varepsilon_{el} + \varepsilon_{pl}$$

Силовые деформации будут зависеть от характера приложения нагрузки и могут быть 3 видов:

- Деформации при однократном загрузении кратковременной нагрузкой;
- Деформации при длительном действии нагрузки;
- Деформации при многократно повторных нагрузках.

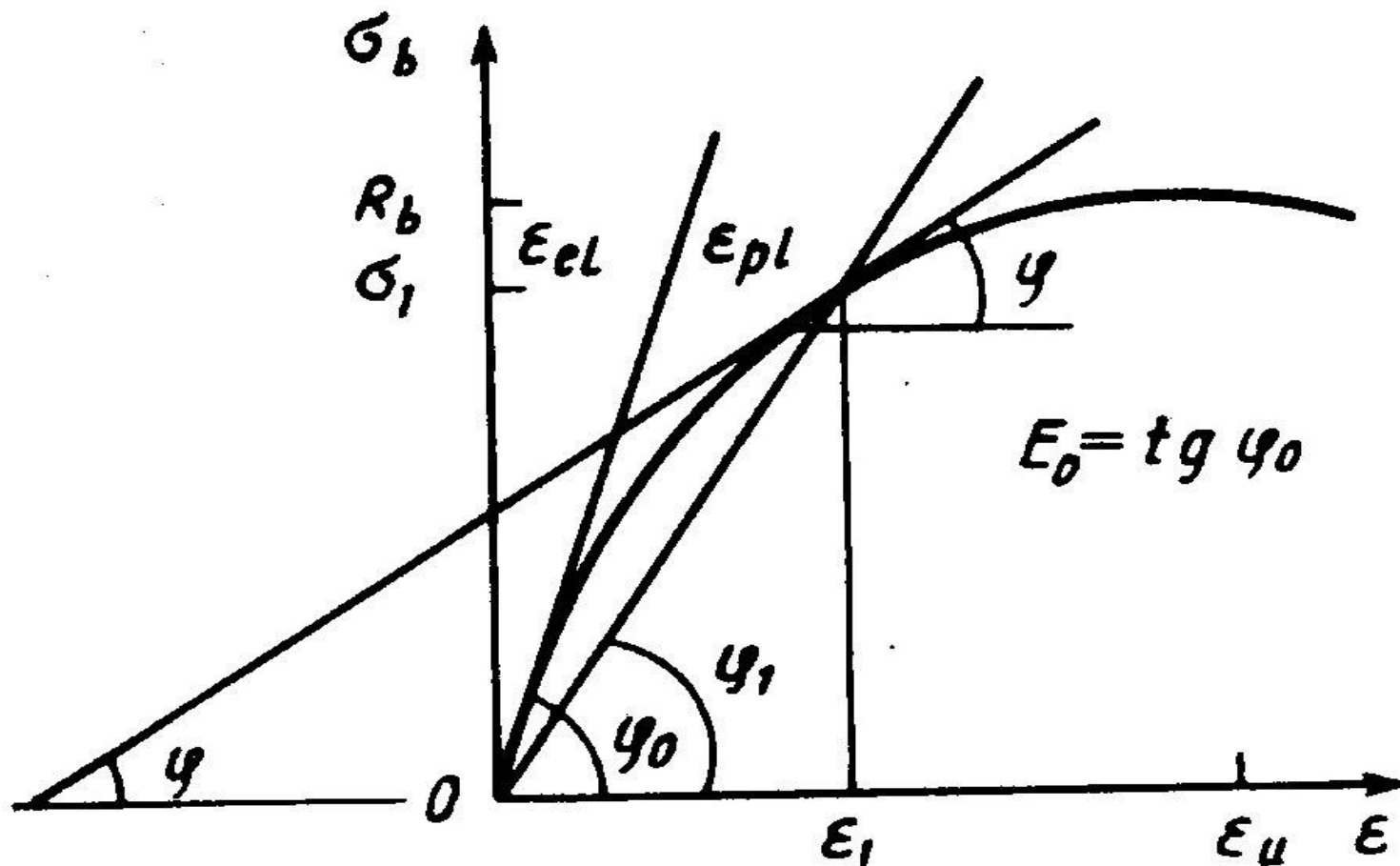


Рис. 11.6. Зависимость «напряже-
ние — деформация» кирпичной кладки
при сжатии

Значения модуля упругости пропорциональны
временному сопротивлению кладки:

$$E_0 = \alpha \cdot R_u,$$

*где α – характеристика упругих свойств кладки, зависящая от
вида кладки и марки раствора*

Значения модуля упругости для кладки с продольным армированием пропорциональны временному сопротивлению кладки армированной кладки :

$$E_0 = \alpha \cdot R_{sku}, \quad R_{sku} = kR + \frac{R_{sn}\mu}{100}; \quad \mu = \frac{A_s}{A_k} 100;$$

где α – характеристика упругих свойств кладки, зависящая от вида кладки и марки раствора;

Упругая характеристика кладки с сетчатым армированием:

$$\alpha_{sk} = \alpha \frac{R_u}{R_{sku}}, \quad R_{sku} = kR + \frac{2R_{sn}\mu}{100},$$

где α – характеристика упругих свойств кладки, зависящая от вида кладки и марки раствора;

$k = 2,0$ – для кладки из кирпича всех видов, из крупных блоков, рваного бута и бутобетона, кирпичная вибрированная