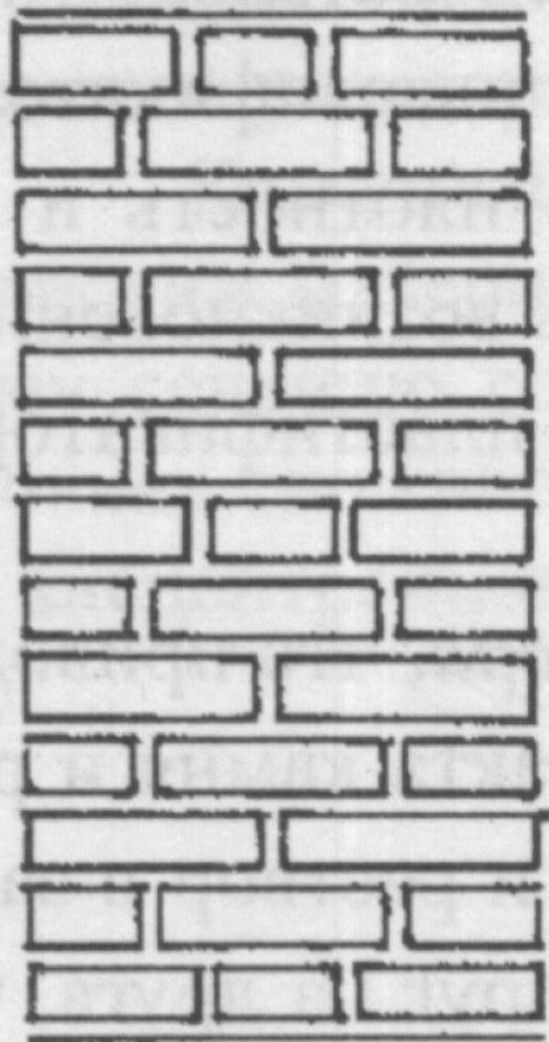


Четыре стадии работы кладки под нагрузкой при сжатии

Первая стадия соответствует нормальной эксплуатации кладки.

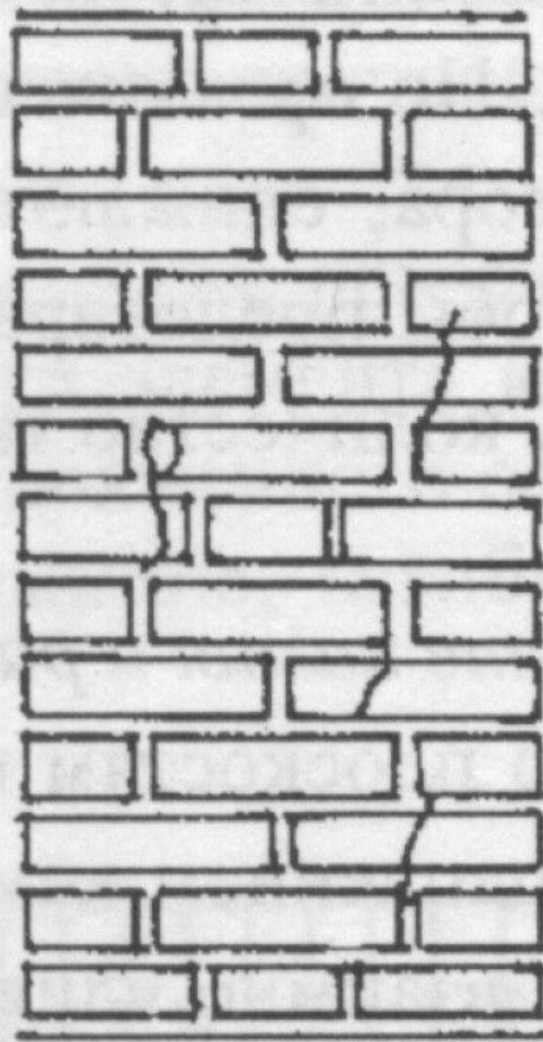
Во второй стадии появляются небольшие трещины в отдельных кирпичах (*рис.2.3,б*). Нагрузка в этой стадии составляет **60-80%** от разрушающей и дальнейшего развития трещин при неизменной нагрузке не наблюдается.

$$N < N_{TP}$$



a

$$N = N_{TP}$$



б

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.

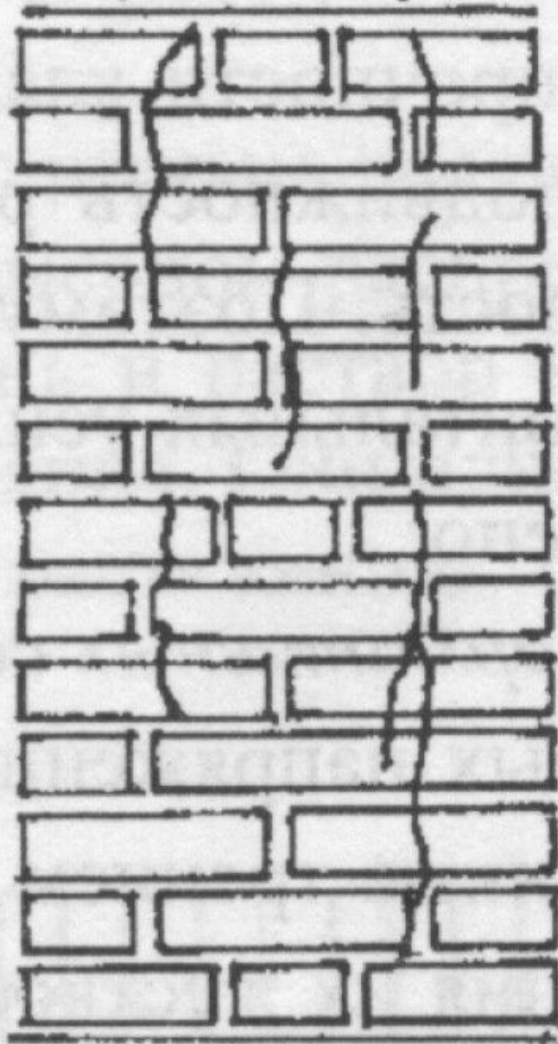
Так, если трещины появляются в кладке большого возраста изготовленной на цементном растворе, то это свидетельствует о ее перегрузке.

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.

$$N_p < N < N_p$$



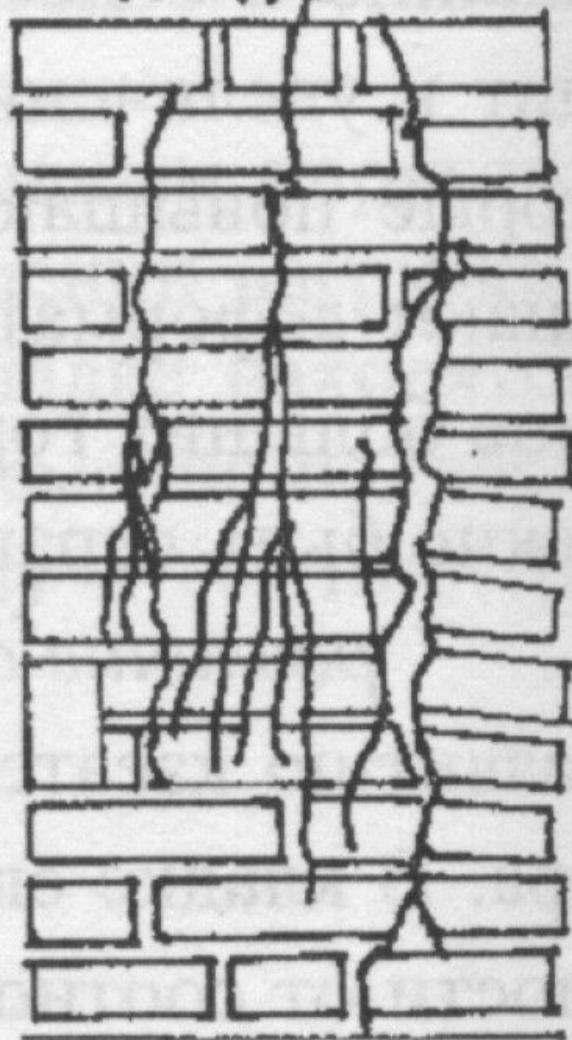
8

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...0,4мм* (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.

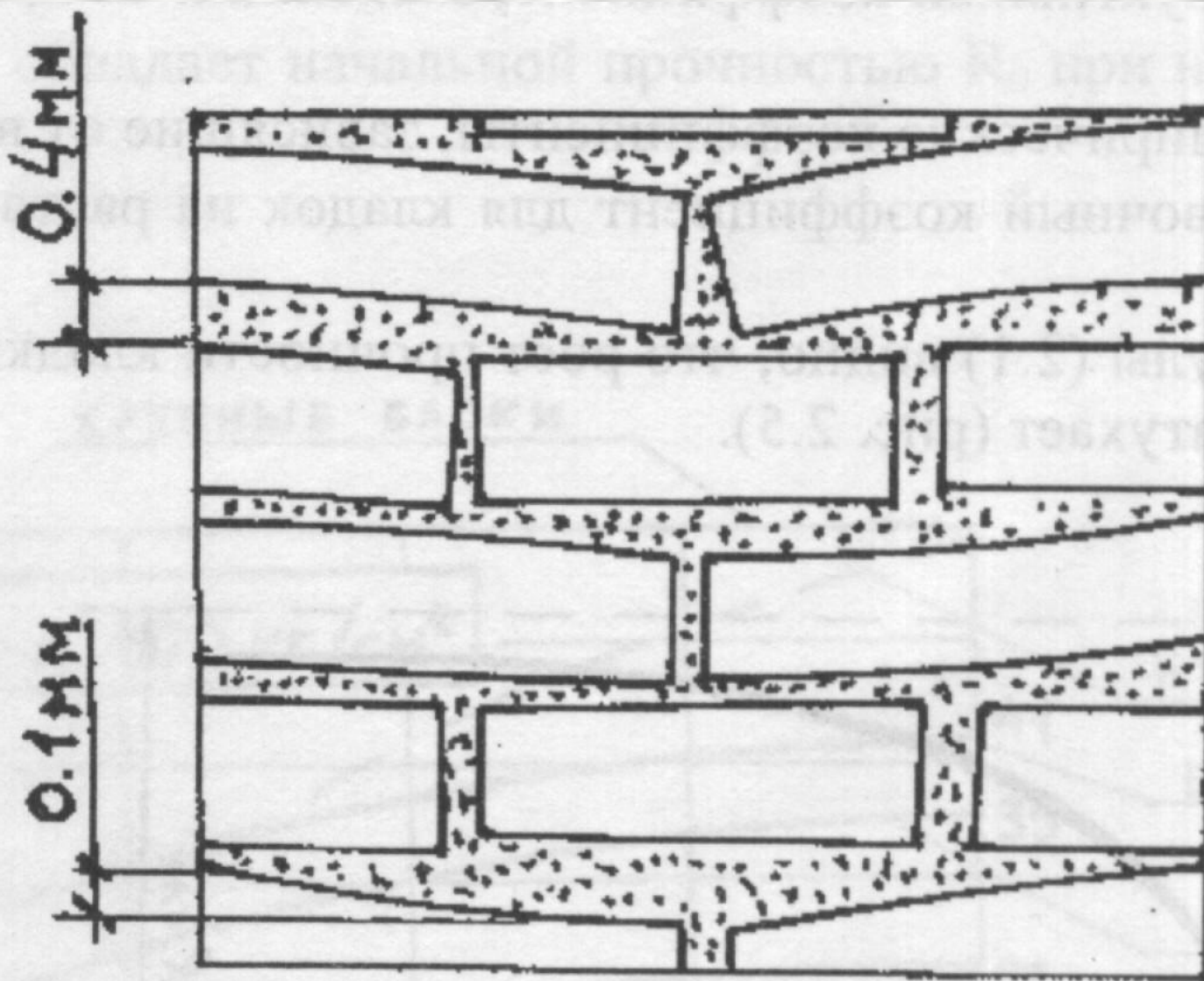


Рис. 2.4.

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*).

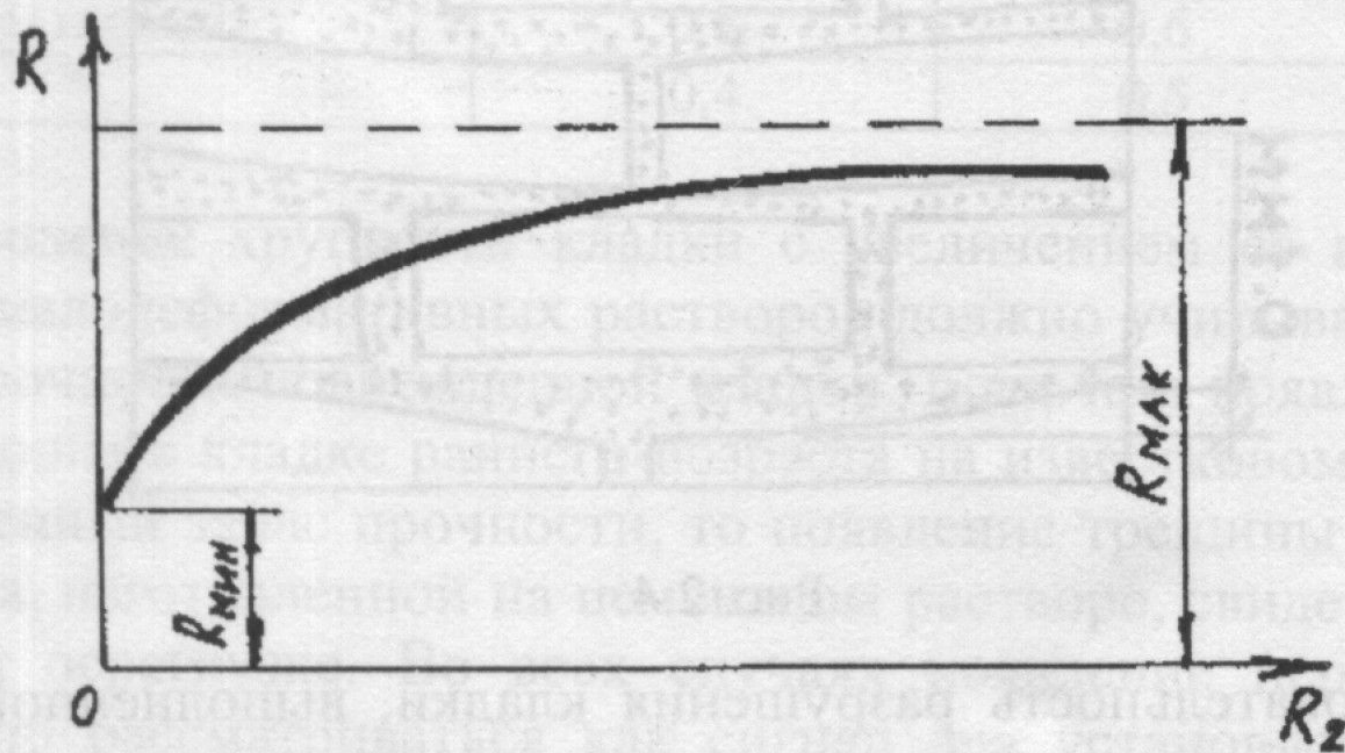


Рис. 2.5. Зависимость прочности кладки при сжатии от прочности раствора

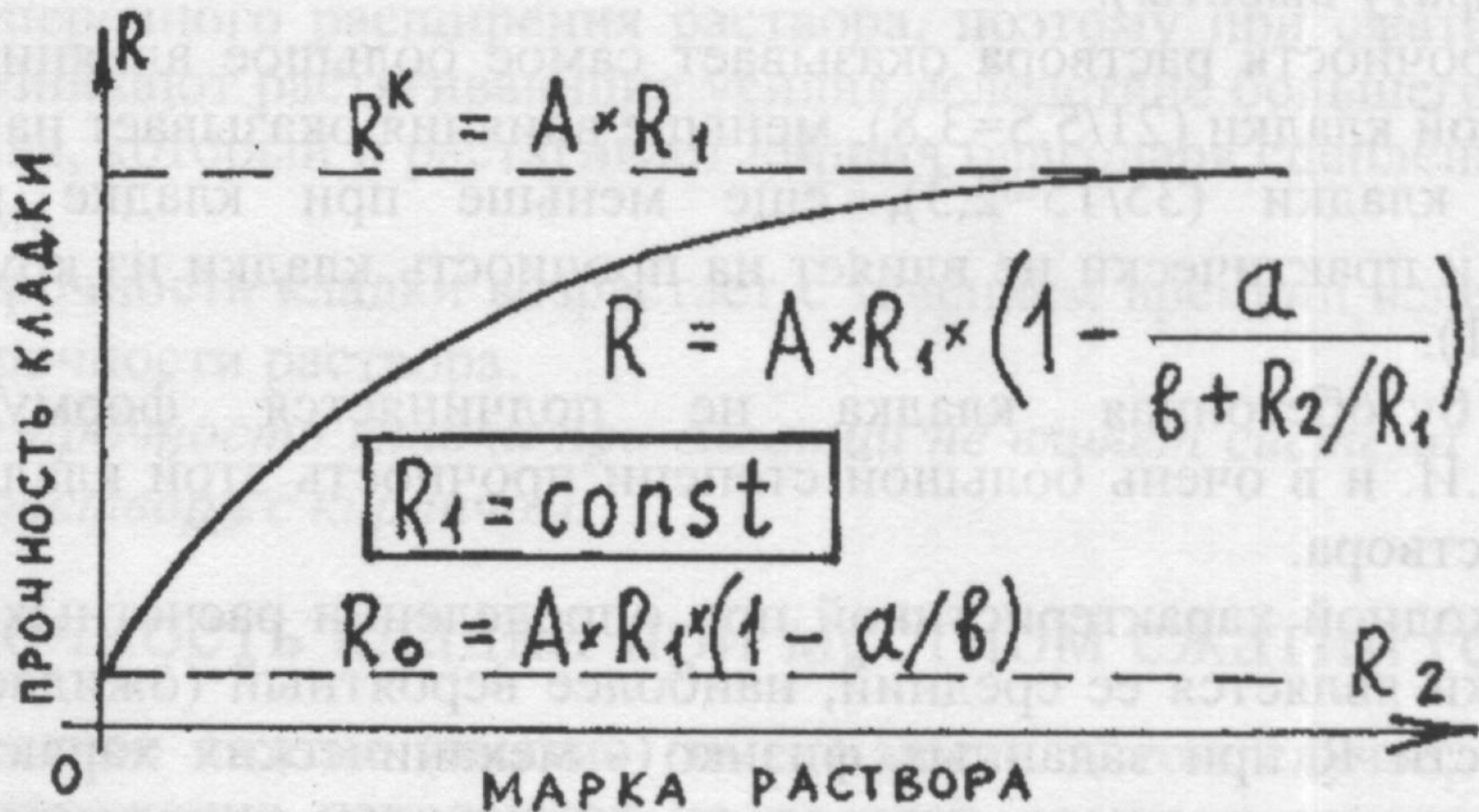


Рис. 2.6.

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).

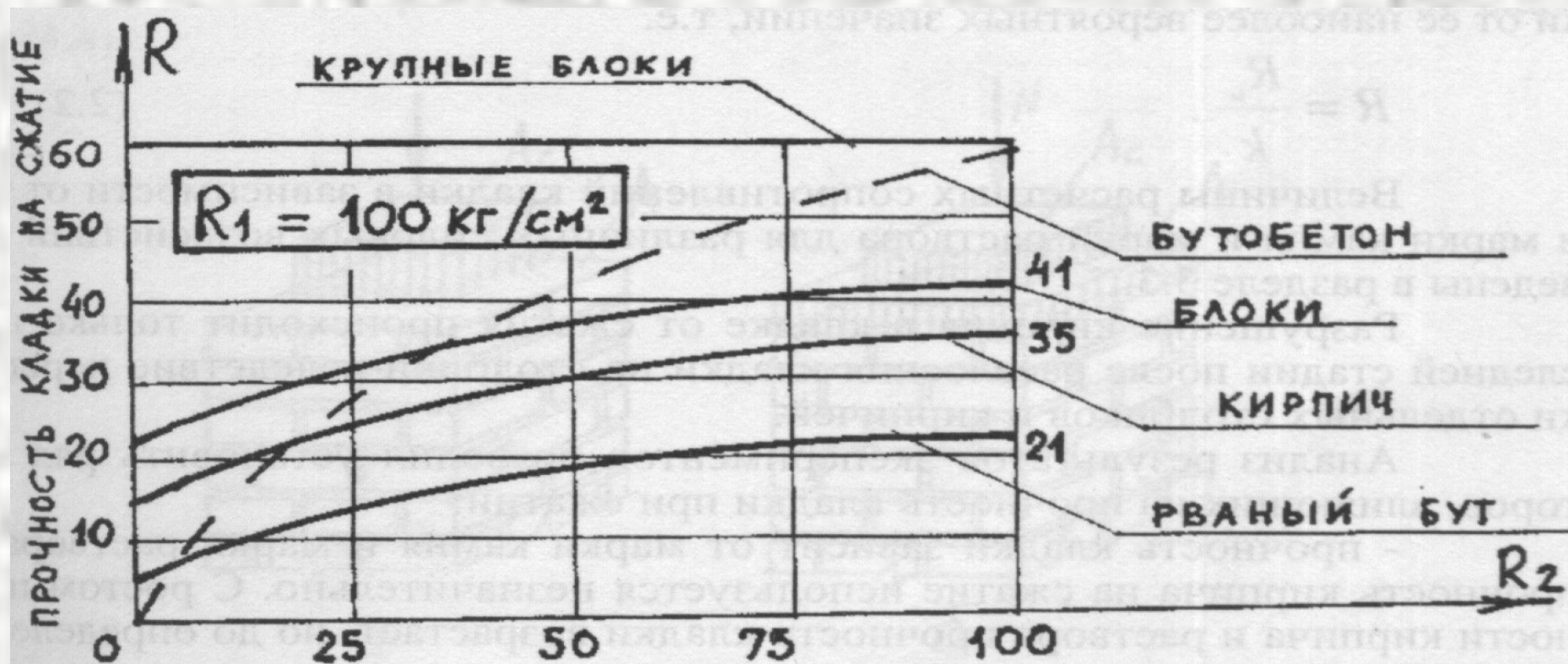


Рис. 2.7.

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.

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