

ДЕФОРМАТИВНОСТЬ И ДЛИТЕЛЬНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ КРЕМНЕБЕТОНА ПРИ НАГРУЗКАХ БЛИЗКИХ, К РАЗРУШАЮЩИМ

Половец В.И., Гапшенко В.С. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса)

Кварцевый кремнебетон в настоящее время недостаточно изучен, чтобы использовать его для изготовления строительных конструкций и крупноразмерных элементов, армированных сталью. В достаточной степени изучены только физико-механические характеристики кремнебетона при кратковременном приложении нагрузки [1], [2].

Однако влияние длительно действующей нагрузки на деформативность и длительное сопротивление изучено недостаточно.

В статье авторы приводят экспериментальные данные, полученные при загрузении образцов длительно действующей нагрузкой высокого уровня.

Состав кремнебетонной смеси, принятой для изготовления образцов, кг/м³:

ТК вяжущее с содержанием 4 % фракции 0,63 мм	– 340
Песок кварцевый:	
молотый до удельной поверхности 5 тыс. см ² /г	– 570
речной песок	– 500
Щебень гранитный фр. 5 ... 20 мм	– 1230
5 %-ный раствор NaOH	– 150

Жесткость кремнебетонной смеси находилась в пределах 20–30 сек. Режим термовлажностной обработки принят 3 + 20 + 4 часа.

В качестве опытных образцов были приняты кремнебетонные кубы с ребром 7 см и призмы 7 × 7 × 30 см. Всего при кратковременном действии нагрузки испытано 4 серии образцов: кубов – 30 шт., призм – 18 шт.; при длительном загрузении – 33 призмы. Кратковременные испытания опытных образцов выполнялись на гидравлическом прессе ГРМ-2 мощностью до 10000 кН.

В таблице 1 приведены средние значения, полученные при испытании кубов и призм.

Из результатов, полученных при испытании, следует, что кремнебетон упругий материал, сохраняющий это свойство до исчерпания прочности образца.

Таблица 1

Среднее значение физико-механических характеристик кремнебетона

№ серии	Кубиковая прочность $R_b(t_0)$	Призменная прочность $R_{bn}(t_0)$	Модуль упругости $E_{(t)} \cdot 10^{-4}$ МПа
1.	93,1	86,4	4,39
2.	77,3	74,6	4,45
3.	80,8	71,1	—
4.	85,2	71,4	4,23

Длительные испытания проводили в естественных температурно-влажностных условиях лабораторного помещения при $E = (20 \pm 3)^\circ$ и $W = (60 \pm 5) \%$. Длительные испытания призм проводили в пружинных установках мощностью на сжатие до 5000 кН. Перед загрузением каждая призма предварительно обжималась 2–3 раза усилием, равным $(0,1-0,2) R_{cr}$. Одновременно производили центровку призм так, чтобы продольные деформации отличались между собой не более чем на 10 %. Деформации измеряли на противоположных гранях индикаторами часового типа с ценой деления 0,01 и 0,001 мм на базе 200 мм. Установку индикаторов на призмах производили с помощью реперов, наклеенных эпоксидным клеем. Передачу нагрузки на образец осуществляли через стальные пластинки $\delta = 80$ мм. Между пластинками и испытываемым образцом устанавливали прокладку из картона. Нагружение призм проводили ступенями равными 10 % от ожидаемой разрушающей нагрузки, сохраняя в пределах каждой ступени скорость нагружения 0,6 МПа/с. Величины ступеней выше уровня напряжений $\eta = 0,8$ были уменьшены до $0,05 R_{cr}$. На каждой ступени производили выдержку нагрузки в течение 5-ти минут. Замеры деформаций кремнебетонных призм выполняли в начале и конце каждой ступени.

Из совокупности результатов опытов, полученных при кратковременных испытаниях призм, следует, что практически до разрушения кремнебетонного образца сохраняется линейная зависимость между действующими напряжениями и относительной деформацией. По результатам испытаний 18 призм при кратковременном действии нагрузки получено, что средняя предельная упругая относительная деформация кремнебетона равна $\varepsilon_{yи.} = 155 \times 10^{-5}$.

При исследовании длительного сопротивления и деформативности кремнебетона уровень длительной нагрузки в призмах принимался равным $\eta = (0,3; 0,5; 0,75; 0,8; 0,825; 0,85) \delta_n / R_{bn}^*$.

На рис. 1 показаны деформации ползучести кремнебетона, вычисленные по формуле:

$$\varepsilon(t) = \varepsilon_{ns}(t) - \varepsilon_{yn.}(t) + \varepsilon_{sh}(t) \quad (1)$$

где:

- $\varepsilon(t)$ – деформации ползучести кремнебетона;
- $\varepsilon_{ns}(t)$ – деформации, развившиеся после приложения последней ступени нагрузки;
- $\varepsilon_{yn.}(t)$ – упругие деформации;
- $\varepsilon_{sh}(t)$ – деформации усадки (набухания).

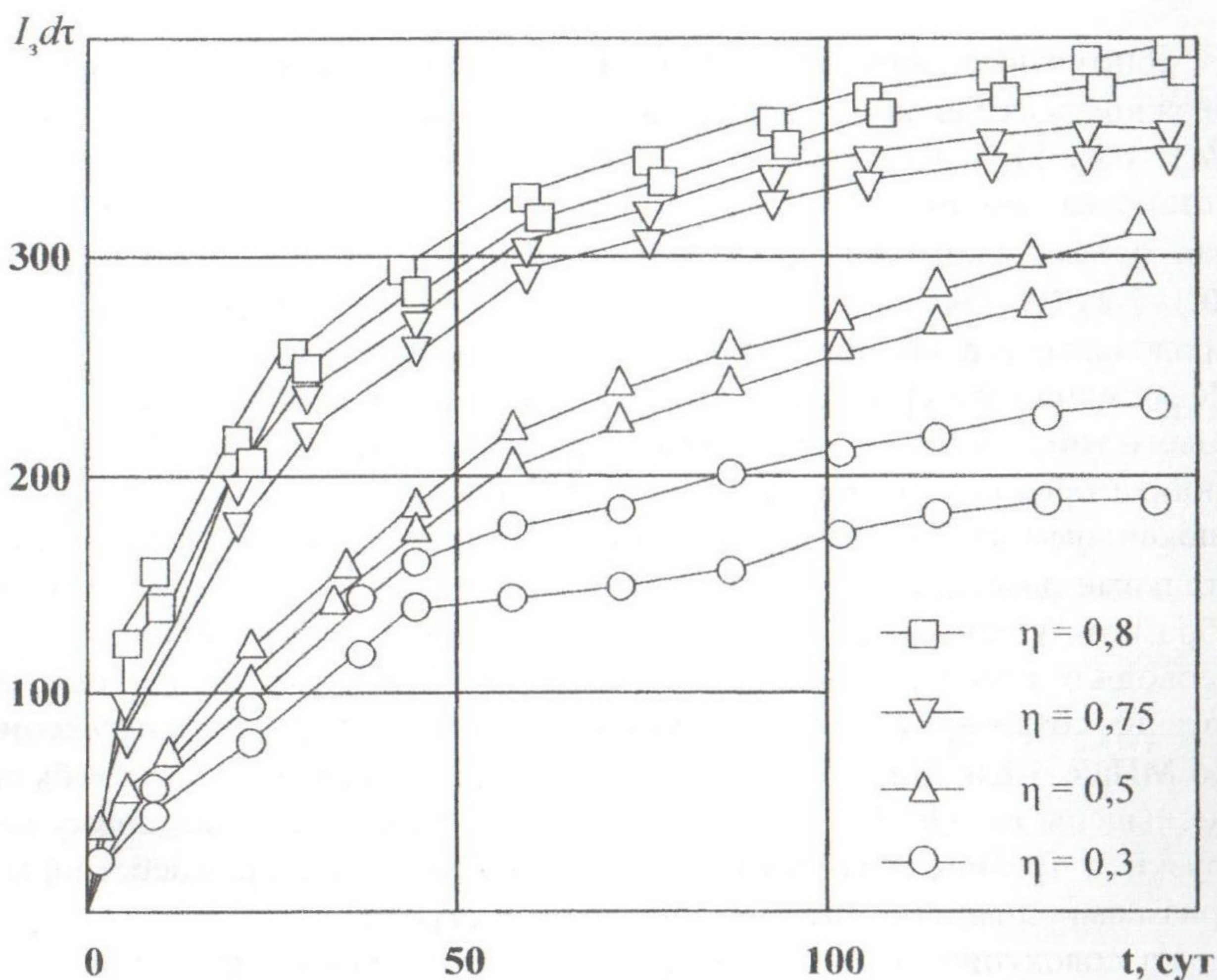


Рис. 1

После приложения последней ступени нагрузки в течение первых 40 сут. действия длительной нагрузки скорость развития относительных деформаций ползучести была сравнительно высокой. Однако к возрасту наблюдения $t - t_0 = 185$ сут. деформации ползучести приобрели затухающий характер. Из анализа рис. 1 следует, что, несмотря на высокие уровни длительно действующей нагрузки, характер развития деформаций ползучести остается линейным и во времени. Так, например, к концу опытов для уровня длительно действующей нагрузки $\eta_k(t_0) = 0,8$ предельные относительные деформации по абсолютной величине составили $\varepsilon(t) = 40 \times 10^{-5}$; мера ползучести для кремнебетонных призм — $c(t, t_0) = 0,8 \times 10^{-6}$ 1/МПа. Из проведенных экспериментальных исследований призм следует, что кремнебетон обладает сравнительно малой ползучестью.

Высокий уровень длительно действующих напряжений $\eta_k(t_0) = 0,85$ привел к разрушению четыре призмы в среднем через 0,1 часа; две призмы с уровнем $\eta_k(t_0) = 0,825$ разрушились в среднем через 0,67 часа; одна призма с уровнем $\eta_k(t_0) = 0,80$ разрушилась через 6,5 часа, а две призмы с уровнем $\eta_k(t_0) = 0,75$ разрушились в среднем через 324 часа. Полученные экспериментальные данные позволяют построить кривую длительного сопротивления кремнебетона (рис. 2), которая может быть аппроксимирована аналитическим выражением вида:

$$\eta_k^* = 0,85 - 0,011 \ln^* t,$$

где:

t — время продолжительности действия нагрузки.

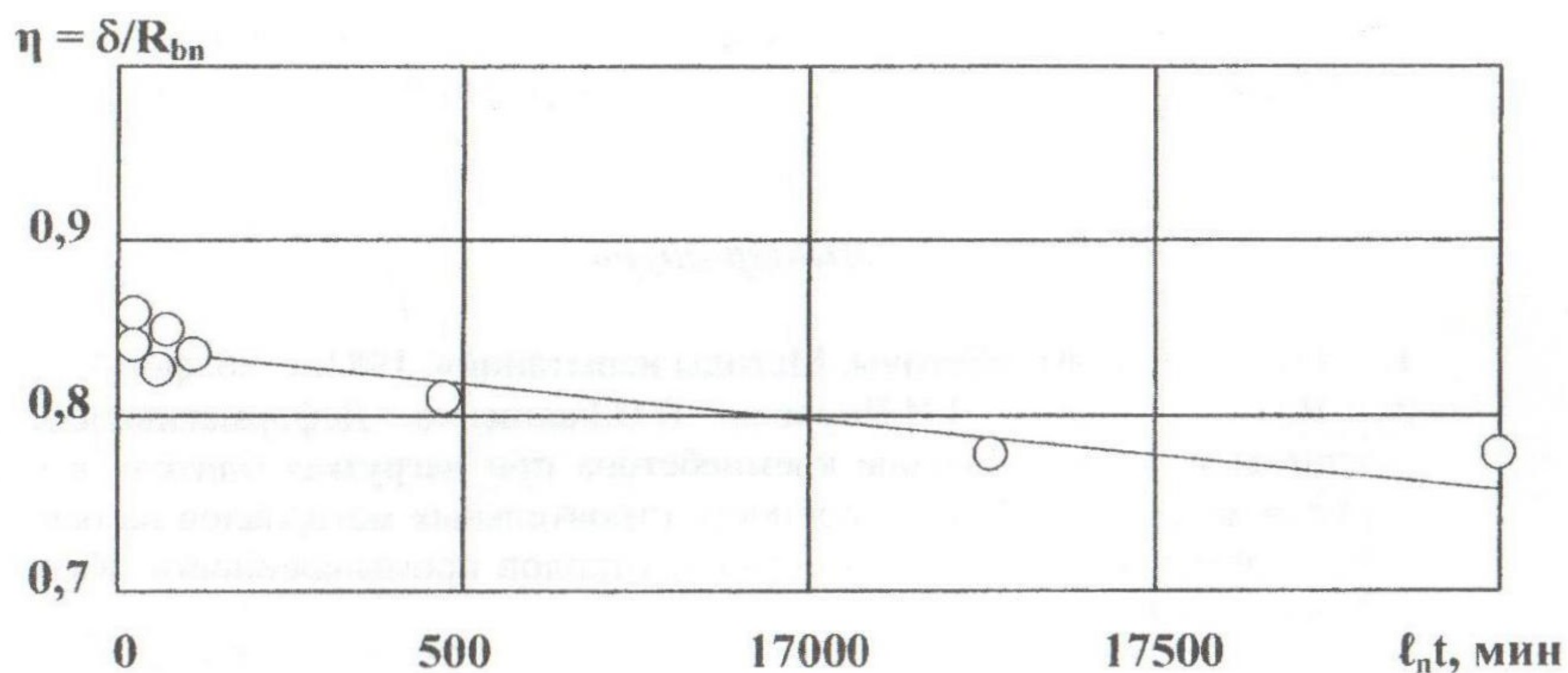


Рис. 2.

Таким образом, относительный предел длительного сопротивления кремнебетонных призм размером $7 \times 7 \times 30$ см расположен в интервале $0,8 > i_k^* > 0,7$.

Не разрушившиеся после действия длительной нагрузки в течение $t - t_0 = 185$ суток призмы догружались. Догружение (без разгрузки) выполнялось в пружинных установках по методике, изложенной выше. Испытания призм на прессе, хранившихся в течение 185 сут. без нагрузки, а также и кремнебетонных кубов, показали, что кремнебетон во времени не стареет, т.к. его прочность с возрастом не изменяется. Экспериментальные данные о прочности, полученные в результате догружения призм, свидетельствуют о том, что высокая длительно действующая нагрузка вызывает увеличение призмной прочности $R_{bn}(t)$ в среднем до 17 % по сравнению с образцами, хранившимися без нагрузки. По нашему мнению, такое увеличение прочности призм при действии длительной нагрузки связано с уплотнением структуры кремнебетона.

Выводы

Таким образом, относительный предел длительного сопротивления кремнебетона для изучаемых призм составляет 75 % от призмной прочности $R_{bn}(t_0)$. Если уровень сжимающих напряжений не превышает длительного сопротивления кремнебетона, то происходит увеличение призмной прочности до 178 % по сравнению с образцами, хранившимися незагруженными.

Деформации ползучести кремнебетона значительно меньше, чем для тяжелого бетона. Удельные деформации ползучести кремнебетона линейны и составляют 10 % удельных деформаций ползучести тяжелого бетона.

Литература

1. ГОСТ 24544-81. «Бетоны. Методы испытаний». 1981, с. 26. фиг.5.
2. В.П.Кирилишин. В.И.Половец. В.С.Гапшенко. Деформативность и длительное сопротивление кремнебетона при нагрузках близких к разрушению. В сб. Работоспособность строительных материалов на основе и с применением местного сырья и отходов промышленности. Казань. 1991. с. 79-83.